



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA  
SALUD ANIMAL  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES BIOMÉDICAS

Diferencias individuales en el comportamiento de bovinos lecheros, su  
relación con la actividad adrenal y calidad de la leche.

TESIS  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE DOCTORA EN CIENCIAS DE  
LA PRODUCCIÓN Y DE LA SALUD ANIMAL  
PRESENTA:

NORHAN CORTÉS FERNÁNDEZ DE ARCIPRESTE

Tutor Principal:  
Francisco A. Galindo Maldonado, FMVZ, UNAM.

Comité Tutor:  
Robyn Elizabeth Hudson, IIB, UNAM.  
José Juan Martínez Maya, FMVZ, UNAM.

Ciudad Universitaria, Cd. Mx. noviembre 2020



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Dedicatoria

Esta tesis está dedicada en primer lugar a mi madre, una persona que ya no la pudo ver, pero sé que esta súper orgullosa de mí. Siempre me dijo que yo podía realizar las cosas y así es, lo logre.

En segundo lugar, a mi familia que gracias a Dios sigue conmigo, mi marido, mis hermosas hijas, mi hermano y mi hermosa sobrina.

## Agradecimientos

Quiero agradecer a la gran institución que es la UNAM, a la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán donde realice la licenciatura y la especialidad en producción de ovinos y caprinos y finalmente a la Facultad de MVZ en la que realice los estudios de Doctorado.

Gracias al Dr. Juan Sebastián Barrientos Padilla que me ayudó mucho en la parte de observaciones y el uso de las videograbaciones.

Un especial agradecimiento a la Dra. Esperanza García López que me ayudo a procesar la calidad de las muestras de leche y por sus consejos.

Al proyecto PAPIME clave PE203713 “Mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje en las asignaturas de Etología y Bienestar Animal, de la carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán”, que apporto gran parte de los materiales para el proyecto.

A mis Comité tutor, Dra. Robyn Hudson y el Dr. José Juan Martínez Maya por sus comentarios.

Finalmente, gracias a mi tutor Francisco Galindo Maldonado por sus enseñanzas.

## CONTENIDO

<b>Resumen</b> .....	i
<b>CAPÍTULO 1.- Marco teórico</b> .....	1
<b>1 Introducción</b> .....	1
1.1 El concepto de individualidad: terminología utilizada .....	1
1.2 Estudios preliminares a la individualidad.....	2
<b>2 Importancia de las diferencias individuales en el bienestar animal</b> .....	4
2.1 Concepto y evaluación de Bienestar Animal.....	4
2.2 Fisiología del estrés .....	6
2.3 Estudios sobre individualidad y su relación con la producción y bienestar animal.....	8
2.4 Individualidad y epidemiología: una aproximación a su relación. ....	10
<b>3 Justificación</b> .....	12
<b>4 Objetivo general</b> .....	13
<b>5 Hipótesis</b> .....	13
<b>CAPÍTULO 2.-Plasticidad y consistencia en las conductas de descanso y rumia en vacas lecheras expuestas a diferente disponibilidad de cubículos</b> .....	14
<b>1 Introducción</b> .....	14
1.1 Plasticidad y consistencia del comportamiento .....	14
1.2 Importancia del descanso y rumia .....	16
1.3 Objetivos específicos .....	17
1.4 Hipótesis .....	17
<b>2 Materiales y métodos</b> .....	17
2.1 Alojamiento y animales .....	17
2.2 Observaciones y medición del comportamiento .....	19
2.3 Análisis estadístico .....	20
<b>3 Resultados</b> .....	21
3.1 Plasticidad del comportamiento en proporciones de tiempo en las conductas .....	21
de descanso y rumia .....	21
3.2 Consistencia del comportamiento en la proporción de tiempo en las conductas de descanso y rumia	23

3.3	Comparación de la fuerza de la plasticidad y la consistencia del comportamiento en las conductas de las vacas. ....	23
<b>4</b>	<b>Discusión</b> .....	24
4.1	Balance entre plasticidad y consistencia en la conducta de rumia.....	26
4.2	Balance entre plasticidad y consistencia en la conducta de descanso.....	28
4.3	Consistencia del comportamiento e individualidad: implicaciones y perspectivas .....	30
	<b>CAPÍTULO 3.- Repetibilidad de las diferencias individuales en el comportamiento de vacas Holstein en las etapas de parto, parto, postparto y separación de la cría, y su relación con la actividad adrenal.....</b>	<b>32</b>
<b>1</b>	<b>Introducción</b> .....	<b>32</b>
1.1	Comportamiento de la vaca en la etapa de transición.....	33
1.2	Actividad Adrenal.....	35
1.3	Objetivo específico .....	37
1.4	Hipótesis .....	37
<b>2</b>	<b>Materiales y métodos</b> .....	<b>38</b>
2.1	Alojamiento y animales .....	38
2.2	Observaciones y medición del comportamiento.....	38
2.3	Determinaciones de cortisol plasmático .....	39
2.4	Análisis estadístico .....	41
<b>3</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>42</b>
3.1	Análisis descriptivo .....	42
3.2	MLG de medidas repetidas de las conductas entre las diferentes etapas del periodo de transición.....	44
3.3	Repetibilidad en las conductas de mantenimiento.....	44
3.4	Repetibilidad de los valores individuales de cortisol plasmático para las vacas en las etapas de parto, parto y separación de la cría.....	46
<b>4</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>47</b>
4.1	Análisis descriptivo y ANOVA de las diferentes conductas en las etapas de transición.....	47
4.2	Repetibilidad en los episodios de descanso y rumia.....	49
4.3	Repetibilidad en los episodios de rumia .....	51
4.4	Medición del cortisol plasmático en las etapas de parto, parto y separación de la cría.....	52
4.5	Repetibilidad en el comportamiento individual y sus implicaciones.....	54

<b>CAPÍTULO 4.- Repetibilidad entre el comportamiento individual de vacas lecheras Holstein en el parto con el del reingreso al corral de producción.</b> .....	57
<b>1 Introducción</b> .....	57
1.1 Efectos sobre el comportamiento tras el reagrupamiento de las vacas lecheras en la unidad de producción.....	57
1.2 Individualidad o estrategias individuales.....	58
1.3 Comportamiento, salud y producción animal .....	59
1.4 Objetivos específicos .....	60
1.5 Hipótesis .....	61
<b>2 Material y métodos</b> .....	61
2.1 Alojamiento y animales .....	61
2.2 Observaciones y medición del comportamiento .....	62
2.3 Producción y características fisicoquímicas de leche. ....	63
2.4 Análisis estadístico .....	65
<b>3 Resultados</b> .....	66
3.1 Reingreso al corral de producción tras el parto .....	66
3.1.1 Diferencias en el comportamiento de mantenimiento durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría .....	67
3.1.2 Repetibilidad del comportamiento en proporciones de tiempo en las conductas de mantenimiento y frecuencias de las conductas sociales entre el parto y el reingreso al corral de producción tras la separación de la cría. ....	69
3.2 Análisis de factores para la obtención de la individualidad.....	70
3.2.1 Análisis de factores durante el parto y Reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.....	70
3.2.2. Repetibilidad de las puntuaciones de ambos estudios.....	74
3.3.1. Producción y calidad de la leche .....	75
<b>4 Discusión</b> .....	77
4.1 Diferencias del comportamiento en el parto y reingreso al corral de producción .....	77
4.1.1 Repetibilidad del comportamiento de mantenimiento en proporciones de tiempo.....	82
4.1.2 Repetibilidad del comportamiento social .....	84
4.2 Análisis de factores.....	85
4.2.1 Puntuaciones de las vacas lecheras en cada factor por estudio.....	91
4.2.2 Repetibilidad de las puntuaciones de cada factor en ambos estudios, parto y reingreso al corral de producción. ....	93

4.3	Correlaciones entre los tipos de individualidades con la producción de leche .....	94
4.3.1	Individualidad, producción y calidad de la leche .....	94
	<b>DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	96
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	104
	<b>Sugerencias de estudios a futuro</b> .....	105
	Anexo 1 .....	106
	Anexo 2.- Producción de leche. ....	113
	Anexo 3.-Medias y frecuencias en las conductas.....	114
	Anexo 4.- Rango social de las vacas.....	115
	<b>REFERENCIAS</b> .....	116

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Proporciones de tiempo de conductas en las vacas por cada tratamiento.....	22
Cuadro 2.- Estimaciones del tamaño del efecto para la consistencia y plasticidad conductual. .....	24
Cuadro 3.- Toma de muestra de sangre durante el parto, parto y separación de la cría.	40
Cuadro 4.- Proporciones* del tiempo promedio en estados conductuales y frecuencias <sup>†</sup> / h promedio para eventos conductuales de las vacas por etapa.....	42
Cuadro 5.- Proporciones* del tiempo promedio en estados conductuales y frecuencias <sup>†</sup> / h promedio para eventos conductuales individuales en las vacas observadas por etapa .....	43
Cuadro 6.- Diferencias de las proporciones de tiempo* y frecuencias <sup>†</sup> / h entre las diferentes etapas del periodo de transición. ....	44
Cuadro 7.- Repetibilidad entre las frecuencias / h para los eventos conductuales.....	45
Cuadro 8.- Valores de cortisol plasmático (ng/ml). ....	46
Cuadro 9.- Especificaciones de la leche entera según la NOM-155-SCFI-2012.....	64
Cuadro 10.- Proporción* del tiempo y frecuencias <sup>†</sup> del comportamiento de mantenimiento durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría. ....	66
Cuadro 11.- Frecuencias del comportamiento social durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría. ....	67
Cuadro 12.- Prueba de Wilcoxon entre el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría para el comportamiento de mantenimiento. ....	68
Cuadro 13.- Prueba de Wilcoxon entre el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría para el comportamiento social. ....	68
Cuadro 14.- Repetibilidad en las conductas de mantenimiento durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría .....	69
Cuadro 15.- Repetibilidad en el comportamiento social durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría .....	70
Cuadro 16.- Factores obtenidos del parto y reingreso al corral de producción tras la separación de la cría por medio del Análisis de factores. ....	71
Cuadro 17.- Puntuaciones de cada vaca para los factores durante el parto y el reingreso al corral de producción tras la separación de la cría. ....	72
Cuadro 18.- Análisis descriptivo de los factores obtenidos de cada estudio .....	73
Cuadro 19.- Categorización de las vacas de acuerdo a la tendencia de cada estrategia .....	74
Cuadro 20.- Promedio de las características fisicoquímicas de la leche y si cumple o no con lo especificado por la NOM-155-SCFI-2012.....	75
Cuadro 21.- Estadísticos descriptivos de cada estrategia con 3 características de la leche .	76
Cuadro 22.- Estadísticos descriptivos de la producción de leche entre las dos estrategias obtenidas. ....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Diagrama del corral de producción y distribución de los diferentes espacios ....	18
Figura 2.- Restricción de cubículos.....	20
Figura 3.- Limpieza de la cría .....	34
Figura 4.- Vaca descansando junto a su cría.....	44
Figura 5.- Diagrama del corral de producción (m= metros). ....	62
Figura 6.- Vista lateral de la sala de ordeña.....	64
Figura 7.- Vacas alimentándose después del reingreso al corral .....	80

## Resumen

Ante la poca información necesaria sobre las diferencias individuales en la conducta de vacas lecheras estabuladas y el aumento en el interés sobre cómo puede afectar la producción y el bienestar de los animales, se llevó a cabo un estudio en varias etapas. En la primera etapa se estudió la plasticidad y consistencia en las conductas de descanso y rumia de 15 vacas lecheras Holstein expuestas a diferente disponibilidad de cubículos, encontrando que el descanso tiende a la consistencia  $W=0.81 < 0.0001$ , mientras que la rumia presentó una tendencia hacia plasticidad  $R^2= 0.88 < 0.0001$ . La segunda etapa exploró la repetibilidad individual y actividad adrenal durante el parto, postparto y separación de la cría. Se encontró que sólo los episodios de descanso y rumia fueron consistentes (0.296,  $< 0.05$  y 0.393,  $< 0.01$  respectivamente), durante las etapas mencionadas, pero no así en la concentración de cortisol ( $R = -.244$ , IC 95% = [-.422, .287],  $P = .86$ ). La última etapa consistió en evaluar la repetibilidad en el comportamiento individual durante el reingreso al corral de producción después del parto. Se investigó la existencia de estrategias individuales y si éstas se relacionan con la producción y calidad de la leche. Se identificaron dos estrategias individuales, agresivas y pasivas, las vacas de acuerdo a sus puntuaciones se clasificaron dentro de éstas. No se encontró una correlación entre la producción de leche y alguna de las estrategias. Finalmente se requieren mayores estudios en diferentes ambientes de producción y a través del tiempo puesto que nos ayudara al manejo y bienestar de los animales y así obtener una mejor producción.

## **CAPÍTULO 1.- Marco teórico**

### **1 Introducción**

#### 1.1 El concepto de individualidad: terminología utilizada

El concepto de individualidad se refiere a las diferencias conductuales entre individuos que son consistentes a través del tiempo y en diferentes situaciones, considerando la experiencia temprana de cada individuo (Dall y col., 2004; Koolhaas y col., 2007; Mehta y Gosling, 2008; Stamps y Groothuis, 2010a).

Las respuestas del comportamiento son un balance entre la consistencia y la plasticidad, la plasticidad es un cambio en el comportamiento con relación al ambiente, es decir, es la capacidad del individuo para ajustar sus patrones de comportamiento para responder a los ambientes cambiantes (Sih y col., 2004a).

Existen diversos términos como sinónimos de individualidad como son: personalidad, temperamento, síndrome conductual y estilos de afrontamiento (coping style) (Andrew Sih y col., 2004; Gosling, 2008; Stamps y Groothuis, 2010a; Trillmich y Hudson, 2011).

Dentro de la terminología utilizada para nombrar la individualidad se encuentran:

a) Personalidad.- Es tomado de la Psicología y se refiere a las tendencias conductuales que diferencian a los individuos, que son consistentes a través del tiempo y que afectan el comportamiento expresado en diferentes contextos (Reale y col., 2007; Stamps y Groothuis, 2010a).

b) Temperamento.- Se refiere a las conductas heredadas, tendencias que aparecen tempranamente y que ayudan a formar la personalidad (Gosling, 2008).

c) En la Ecología evolutiva el término Síndrome conductual se define como las diferencias individuales en patrones de comportamiento que están correlacionados a lo largo del tiempo (por ejemplo agresividad antes y después de la madurez sexual) o a través de contextos (alimentación) (Stamps y Groothuis, 2010a).

d) El término “coping style” o estilo de afrontamiento es utilizado para referirse a la forma en que un individuo afronta situaciones de conflicto, ya sea de forma activa o pasiva, peleando o escapando y su relación con la activación de los ejes fisiológicos del estrés (sistema adrenocortical y simpatoadrenal) (Koolhaas y col., 1999).

e) En el campo de la ecología del comportamiento, la individualidad se ha descrito como la heterogeneidad dentro de una población con interacciones bióticas, el comportamiento difiere en primer lugar por el dimorfismo sexual, segundo por la ontogenia del individuo y en tercer lugar el llamado polimorfismo de recursos, que engloba las diferencias que muestran las especies en la agresividad, la sociabilidad, la actividad y la timidez (Dall y col., 2004; Dall y col., 2012). La naturaleza de estas interacciones dependen del fenotipo individual del animal (Mehta y Gosling, 2008), es decir del tamaño, la morfología, fisiología, de las capacidades biomecánicas, del estado inmune y de las estrategias anti depredadoras (Dall y col., 2012).

## 1.2 Estudios preliminares a la individualidad.

Dentro del estudio del comportamiento animal ha surgido el interés por conocer como modifican su comportamiento para afrontar los conflictos sociales, los ambientes nuevos y su conducta frente al humano. En animales de granja existe interés de conocer cómo el comportamiento afecta la producción, por lo que se han realizado estudios que categorizan a los individuos en diferentes grupos dependiendo del ambiente en el que se manejan como por ejemplo: Wechsler (1995) menciona que de acuerdo al estilo de afrontamiento tanto los animales de granja y de laboratorio pueden clasificarse en 4 cuatro categorías de estrategias

generales que son escape, búsqueda, espera y retiro. Estas estrategias han sido moldeadas por la evolución como adaptaciones a las situaciones que tienen que enfrentar los animales.

Koolhaas y col. (1999), en su revisión de literatura mencionan que existen 2 estilos de afrontamiento: Proactivo y reactivo, cada uno con sus implicaciones, es decir existen individuos que pueden adaptarse fácilmente a diversos ambientes y que las diferencias en la actividad fisiológica hacen que pueda variar en su vulnerabilidad a las enfermedades. Desde el punto de vista de la psicopatología esta variabilidad fisiológica sólo puede entenderse con el estilo individual de afrontamiento. En este mismo contexto de estilo de afrontamiento, en el estudio de Müller y von Keyserlingk (2006) mencionan dos tipos de temperamento en bovinos de carne de acuerdo a su velocidad de huida de un pasillo, como alta y baja velocidad de huida y lo correlacionaron con la ganancia diaria de peso. Esto último concuerda con una estrategia que menciona Wechsler (1995), la de escape.

En cuanto a los estilos de dominancia, Miranda-de la Lama y col. (2013) obtuvieron en bovinos de carne mediante el índice de éxito, tres grupos: alto, mediano y bajo rango. Los autores concluyeron que la dominancia social influye en la respuesta de estrés dado que los animales de bajo y alto rango presentaron las mayores concentraciones de cortisol y en el rendimiento productivo ya que disminuyeron la ganancia diaria de peso los mismos grupos, sin embargo, no se afectó la calidad de la carne.

Por otro lado, en su revisión de literatura Réale y col. (2007) mencionan que el temperamento en diversas especies cuenta con varios rasgos, los cuales son timidez-audacia, exploración-evasión, actividad, agresividad y sociabilidad.

Los estudios anteriores no miden la individualidad como tal, sin embargo, ayudan a comprender un poco más el comportamiento de los animales y son un punto de partida para el estudio de la individualidad. Existen estudios más detallados que se enfocan en conocer la individualidad, por medio de la consistencia de los comportamientos y además algunos identifican diferentes tipos en algunas especies como: Noer y col. (2016) que estudió la consistencia en la característica de timidez-audacia en machos y hembras de Vison americano

(*Neovison vison*) durante la estación reproductiva y no reproductiva dentro de un contexto social.

En ovinos McBride y Wolf (2007) utilizaron análisis de factores para medir la individualidad con la prueba de arena en ovejas, en la cual encontró 4 tipos: Motivación específica al miedo, motivación específica a la angustia, actividad y baja motivación específica.

En cabras, Miranda-de la Lama y col. (2011) obtuvieron 4 perfiles de identidad (agresivo, afiliativo, pasivo y evasivo) al realizar un análisis de factores y después un análisis *clúster*, obtenido de las variables de dominancia, resolución de conflictos, comportamiento individual y características morfológicas de las cabras como la circunferencia torácica. Por otro lado, también en cabras, Pascual-Alonso y col. (2013) identificaron los mismos perfiles de identidad basados en estrategias sociales, morfología, fisiología y habilidades cognitivas.

El comportamiento agresivo de los animales al alimentarse es consistente de acuerdo al estudio de Gibbons y col. (2009) en vacas lecheras, donde incluyeron tanto primíparas como multíparas. También en vacas lecheras se encontró consistencia ante la separación social y por medio de análisis de componentes principales se obtuvieron 3 factores principales que se incluyen en dos dimensiones (Neuroticismo, extraversión) de las 5 conocidas en humanos (Müller y Schrader, 2005a).

En toros de carne Müller y von Keyserlingk (2006) encontraron consistencia en la velocidad de huida de la manga de manejo indicando individualidad.

## **2 Importancia de las diferencias individuales en el bienestar animal**

### **2.1 Concepto y evaluación de Bienestar Animal**

El concepto de Bienestar Animal se refiere a una condición del individuo en cuanto a sus intentos de hacer frente a su medio ambiente (Broom, 1986), es decir, como el individuo

debe afrontar su entorno entonces es necesario tomar en cuenta la individualidad. Desde principios de los 90's se ha enfatizado la importancia de estudiar la individualidad cuando se habla del Bienestar Animal (Manteca y Deag, 1993) pero a la fecha hay muy pocos estudios que abordan el tema. Ello es relevante ya que cuando un individuo falla al afrontar su medio puede reducir su crecimiento, presentar problemas reproductivos o bien alguna enfermedad, lo que significa que el animal tiene un bienestar deficiente; basado en esto se puede valorar el bienestar por medio de indicadores basados en el animal (Broom, 1988).

Para evaluar el bienestar animal se utilizan indicadores biológicos que se agrupan en: Indicadores fisiológicos. - Incluyen cambios en la concentración plasmática de diversas hormonas y alteraciones en la frecuencia cardiaca entre otros. La hormona con mayor uso es el cortisol plasmático ya que aumenta en situaciones de estrés. Indicadores de comportamiento. - Engloban la presentación de conductas normales en los individuos de acuerdo a cada especie, así como también los cambios relacionados directamente con el estrés por ejemplo en el descanso y las conductas anormales como son las estereotipias. Indicadores relacionados con la salud y estados emocionales - Los procesos que causan dolor como las cojeras y las enfermedades como diarreas o problemas respiratorios, así como las lesiones causadas por el manejo y los daños por peleas. Indicadores relacionados con la producción. - La valoración de la producción suele realizarse tomando en cuenta el promedio de la unidad pecuaria, sin embargo, para lograr valorar el bienestar tomando en cuenta este indicador lo apropiado sería considerar a cada individuo del hato (Broom y Fraser, 2007; Manteca, 2009).

Además, debe tomarse en cuenta también la selección genética que ha cambiado debido a la manipulación humana y que afecta en cierta medida el bienestar, el ambiente físico donde se encuentra el animal, es decir, tipo de instalaciones, cama. El grupo social donde se desarrolla es importante, al igual que el clima y el manejo del hato en la granja (Fraser y col., 2013).

Al evaluar bienestar animal se debe tomar en cuenta la especie e inclusive la raza, ya que existe variabilidad en las respuestas por este factor al igual que por el sexo, edad, estado

fisiológico, etapa reproductiva, además, se deben identificar las variables a medir, cuanto tiempo debe ser la medición y bajo qué circunstancias (Mason y Mendl, 1993).

## 2.2 Fisiología del estrés

El estrés se define como la respuesta no específica del cuerpo a cualquier estímulo nocivo, posteriormente se distinguió entre estresor y respuesta al estrés (Koolhaas y col., 2011). Un estresor es un estímulo que amenaza la homeostasis, la respuesta al estrés es la reacción del organismo dirigida a recuperarla (Koolhaas y col., 2011).

Cuando se presenta un estímulo estresante, el núcleo paraventricular del hipotálamo produce el factor liberador de corticotropina (CRH), el cual estimula la hipófisis, la que a su vez libera la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), que se distribuye por el torrente sanguíneo hasta llegar a la corteza de las glándulas adrenales, las cuales se encargan de la biosíntesis y liberación de glucocorticoides al torrente sanguíneo, especialmente del cortisol, que es una hormona que produce aumento de la presión sanguínea, glucemia e inmunodepresión; tiene actividad proteolítica y lipolítica, lo que resulta en la secreción de ácidos grasos libres y glicerol. En el hígado induce la gluconeogénesis y la síntesis de proteínas (Ganong y col., 2013).

Al percibir el estímulo estresante, se activa el eje simpático adrenal, donde el hipotálamo envía una señal para estimular las fibras nerviosas preganglionares que van a la médula adrenal, misma que aumenta la producción de adrenalina y noradrenalina, las cuales ayudan a combatir las situaciones de estrés agudo (Ganong y col., 2013).

Hans Selye (1936) propuso el término: Síndrome General de Adaptación, el cual es un proceso donde ocurren cambios fisiológicos y comportamentales que dependerán de la duración de los agentes estresores. Dicho síndrome se divide en tres etapas:

1) Fase de alarma. – En esta etapa el organismo advierte la presencia del estresor y activa el sistema nervioso simpático, secretando noradrenalina y adrenalina de la médula adrenal,

además de glucocorticoides de la corteza adrenal. Estas sustancias preparan al organismo a superar situaciones de urgencia mediante repuestas de “lucha o huida”.

2) Fase de resistencia o adaptación. – El organismo enfrenta al estresor llevando a cabo ajustes que le permitan utilizar de manera más eficiente la energía disponible, algunos de ellos son: secreción de prolactina para inhibir la función del sistema reproductivo; secreción de endorfinas para inhibir la percepción del dolor; transformación del glucógeno hepático en glucosa; aumento en la frecuencia respiratoria.

3) Fase de agotamiento. – Cuando el organismo ya ha gastado su energía y se agotan los recursos, la resistencia a las enfermedades disminuye porque se inhiben las funciones de las células de defensa, por lo que lo hace vulnerable a la presentación de enfermedades. También la tasa reproductiva se ve afectada y en algunos casos un estrés prolongado puede causar la muerte (Manteca, 2009; Ganong y col., 2013).

Cuando se presenta un estímulo estresante, el núcleo paraventricular del hipotálamo produce el factor liberador de corticotropina (CRH), el cual estimula la hipófisis, la que a su vez libera la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), que se distribuye por el torrente sanguíneo hasta llegar a la corteza de las glándulas adrenales, las cuales se encargan de la biosíntesis y liberación de glucocorticoides al torrente sanguíneo, especialmente del cortisol, que es una hormona que produce aumento de la presión sanguínea, glucemia e inmunodepresión; tiene actividad proteolítica y lipolítica, lo que resulta en la secreción de ácidos grasos libres y glicerol. En el hígado induce la gluconeogénesis y la síntesis de proteínas (Ganong y col., 2013).

Al percibir el estímulo estresante, se activa el eje simpático adrenal, el hipotálamo envía una señal para estimular las fibras nerviosas preganglionares que van a la médula adrenal, misma que aumenta la producción de adrenalina y noradrenalina, las cuales ayudan a combatir las situaciones de estrés agudo (Ganong y col., 2013).

### 2.3 Estudios sobre individualidad y su relación con la producción y bienestar animal

Las diferencias individuales en la producción tienen gran relevancia ya que, si los animales reciben el mismo manejo en el mismo entorno físico y con un manejo igual, ¿por qué algunos individuos tienden a ser más susceptibles a las enfermedades que otros?

Voisin et col. (1997) encontraron que las cruces de *Bos indicus* con un temperamento excitable (animales que cubrían rápidamente 1.7 m después de un pesaje) producían carne más dura, así mismo los animales cruza de Brahman y Shorthorn con una velocidad de huida lenta crecen más rápido en comparación con los animales con rápida velocidad de huida (Burrow y Dillon, 1997).

En su estudio con cabras en pastoreo y en el corral, Barroso et col. (2000) observaron que las cabras presentaban una jerarquía estable a través del tiempo y que era casi lineal, además el rango social se daba en cierto grado por la presencia de cuernos, la edad y la talla, aunque esto no determinaba la producción de leche ni la de carne. Al dividir las cabras en bajo, medio y alto rango notaron que las de mediano producían mayor cantidad de leche y carne, seguidas por la de mayor rango y al final las de bajo. Las posibles explicaciones son que los de alto status pierden tiempo en confrontaciones para mantener su estatus y se movían mucho durante la alimentación.

El comportamiento en vacas primíparas durante la primera lactancia en relación a la ordeñadora fue investigado por Van Reenen et col. (2002), de manera individual obtuvo resultados de cortisol en plasma, oxitocina, frecuencia cardiaca, producción de leche y patadas encontrando que el cortisol, la frecuencia cardiaca y las patadas disminuían conforme aumentaban los días de lactación y al contrario la oxitocina y la producción láctea aumentaba concluyendo que en primíparas al principio de la lactación la máquina ordeñadora provocaba un estrés.

Fernández y col. (2007) encontró que la primera vez que las cabras lecheras eran reagrupadas presentaban un aumento del comportamiento agresivo y ello se acompañó con una disminución en la producción.

Un estudio con dos razas lecheras Holstein y Rojo Sueco encontró que producen menos leche las vacas que mostraron signos de nerviosismo ante la prueba de objeto novedoso, sin embargo, estos resultados se tendrían que tomar con cautela debido a la raza, como se mide la producción lechera y que variables de comportamiento son tomadas (Hedlund y Løvlie, 2015). De igual manera los resultados de Cziszter y col. (2016) en sus estudios con vacas Simmental, mostraron que las vacas con un temperamento calmo producen más leche con mayor cantidad de grasa y de proteína. También en los búfalos de agua se ha visto que los animales más reactivos producen menos leche con bajas cantidades de grasa y alto conteo de células somáticas (Carvalho y col., 2017). Estos estudios demuestran que al parecer los animales con un temperamento tranquilo producen mayor y con mejor calidad.

En la actualidad no existen estudios que involucren la individualidad, como tal y su relación con el bienestar animal, sin embargo, existen aproximaciones. Se han dividido a los animales de acuerdo a su éxito social, Mendl y col. (1992) observaron un aumento del cortisol en saliva en las cerdas de mediano éxito en comparación con las de alto y bajo, estos últimos grupos presentaron la misma concentración hormonal.

Ruis y col. (2000) realizó un estudio de personalidad con cerdas y las dividió de acuerdo a sus intentos de escape (conducta de forcejeo) durante la sujeción, encontrando que los cerdos que forcejean menos tienen mayor reactividad en el eje HPA, presentan un incremento de cortisol ante la inyección de ACTH.

En el caso de vacas, Fisher y col. (2002) observaron que la disminución del tiempo de descanso en las vacas puede provocar aumento en la producción de cortisol. De igual manera González y col. (2003) en su estudio con vacas reportaron que existió un mayor incremento en la concentración del cortisol ante un desafío con ACTH en primíparas.

Por el contrario, en un estudio con ovejas seleccionadas en dos líneas (divididas en animales más activas y menos activas) se midieron las diferencias en el comportamiento y respuesta al humano, así como actividad adrenal. Los resultados arrojaron que en las más activas que se creía eran más miedosas, el cortisol no fue tan elevado como en las menos activas que se creía tendrían menos niveles de cortisol (Beausoleil y col., 2008).

Algunos estudios en ganado caprino sugieren evaluar algunos parámetros como la cantidad inusual de los niveles de agresiones, el aislamiento individual, la disminución de la sincronización en las actividades cotidianas para conocer el grado del bienestar animal (Miranda-de la Lama y Mattiello, 2010).

#### 2.4 Individualidad y epidemiología: una aproximación a su relación.

El ganado lechero está expuesto a diversas enfermedades de las cuales las principales son mastitis, problemas en las extremidades y reproductivos (Whay y col., 2003; Krieger y col., 2017).

La mastitis es una respuesta inflamatoria de la glándula mamaria causada principalmente por bacterias (Bedolla y de León, 2008), los principales factores de riesgo que influyen en la presentación de mastitis son: la higiene en la ordeña, fase de lactación, manejo y condiciones ambientales (Ruiz Romero y col., 2013). Es una enfermedad altamente prevalente y considerada de las más importantes en la industria mundial, puesto que ocasiona pérdidas económicas debido a la disminución de la producción láctea, aumenta el gasto por los tratamientos clínicos y conlleva a un desecho temprano de animales. Es además una importante causa que afecta el bienestar animal, incrementa la temperatura corporal, disminuye el apetito, además de provocar dolor intenso (Siivonen y col., 2011; Medrano-Galarza y col., 2012)..

En México, la prevalencia de mastitis subclínica en bovinos ha sido calculada en 20.80% en Tizayuca, Hidalgo y de un 81.10% en establos alrededor de la Ciudad de México.

En el trópico seco la prevalencia de mastitis clínica puede variar de un 22.5% al 86.3% y la prevalencia de la mastitis subclínica es de 25 a 60.6%. En el trópico húmedo la prevalencia de mastitis subclínica es entre el 33% al 100% en época de mayor precipitación pluvial y de 4 al 39% el resto del año (Bedolla y de León, 2008).

Las cojeras es un signo prevalente en la industria lechera, es una condición generalmente crónica, dolorosa y estresante para los animales. Tiene un impacto potencial afectando no solo el bienestar animal sino también en la economía de la granja , debido a la disminución de la producción lechera, afectando la fertilidad, además, disminuye el tiempo de alimentación, lo que conlleva a una disminución de peso de la vaca (Huxley, 2013). Al mismo tiempo disminuye las visitas al comedero y el comportamiento de la rumia (Miguel-Pacheco y col., 2014). Como consecuencia de las cojeras se afecta el comportamiento reproductivo por la disminución en la expresión del estro (Walker y col., 2008).

La prevalencia de cojeras puede ser variada, sin embargo, en Canadá Ito y col. (2010) encontraron el de 28.5% y en Chile se reportó una prevalencia de 28.7 a 33.2% (Tadich y col., 2010), México no tiene datos estadísticos sobre prevalencia. Galindo y Broom (2000) encontraron que los individuos que por su condición de dominancia pueden seleccionar los sitios de descanso, dedicando el tiempo necesario para esta conducta padecen de menos cojeras que los individuos que no pueden destinar el tiempo necesario a conductas de reposo. Ito *et al* (2010) también reportaron que el descanso es un factor importante en la presentación de cojeras.

En cuanto a enfermedades del tracto reproductivo, se presenta una relación entre el tiempo de alimentación y metritis en vacas preparto. Urton y col. (2005) observaron 26 vacas Holstein durante el periodo de transición (2 semanas antes del parto y 3 semanas después de este) y observaron que las vacas que presentaron metritis disminuyeron su tiempo de alimentación, en promedio 22 min/d con respecto a las vacas que no la presentaron. En otro estudio, se observaron 20 vacas durante 3 semanas antes del parto, las vacas con metritis visitaron menos el comedero (25 min/d) en comparación con las sanas, también observaron que las vacas con metritis eran las más de menor rango social (Patbandha y col., 2012).

Las enfermedades metabólicas que se presentan después del parto también han sido objeto de estudio, Goldhawk y col. (2009) estudiaron la asociación entre la alimentación y el comportamiento social con la presentación de cetosis subclínica. Encontraron que las vacas subordinadas durante la semana antes del parto y dos semanas después de este, consumían menor cantidad de materia seca, pasaban menos tiempo en el comedero y presentaron cetosis subclínica. Por otro lado Itle y col. (2015) reportaron que las vacas que se mantuvieron mayor cantidad de tiempo de pie, presentaron cetosis durante s observación a partir de una semana antes del parto incluyendo el día del parto. Estos resultados pueden ser útiles al observar la individualidad de las vacas y realizar una detección temprana de las enfermedades.

La relación entre la individualidad y la Epidemiología no está bien establecida, debido a que esta ciencia estudia poblaciones y no a nivel individual, debido a que maneja factores de riesgo de hato no de individuos lo que deja un gran vacío en el estudio del comportamiento y la epidemiología. Los anteriores estudios pueden ser una pauta para investigar qué papel juega la individualidad en la presentación de enfermedades y cómo influye en el bienestar y la producción.

### **3 Justificación**

Es importante realizar estudios sobre individualidad en ganado lechero que nos ayuden a entender aspectos de la susceptibilidad a padecer estrés y problemas de salud en establos comerciales, y la manera de realizar esto es con estudios en diferentes situaciones o contextos, así como en diferentes tiempos para establecer esta individualidad y después observar la relación que existe con la producción, la salud y el bienestar animal. La comprensión de esta individualidad puede ser utilizada para realizar una mejora en el manejo de los animales, o cambios estructurales dentro de las instalaciones dirigidos a lograr una mejoría en la salud y bienestar de los animales.

#### **4 Objetivo general**

Identificar estrategias individuales en el comportamiento de mantenimiento, social y materno de bovinos lecheros, expuestos a diferentes retos ambientales, así como valorar su relación con la actividad adrenal y la producción de leche.

#### **5 Hipótesis**

Existen estrategias individuales en el comportamiento de vacas lecheras y son consistentes a través del tiempo, bajo diferentes desafíos ambientales. A su vez se relacionan con la actividad adrenal y la producción lechera.

## **CAPÍTULO 2.-Plasticidad y consistencia en las conductas de descanso y rumia en vacas lecheras expuestas a diferente disponibilidad de cubículos**

### **1 Introducción**

Las respuestas conductuales son un equilibrio entre plasticidad y consistencia. Dicho equilibrio está determinado por variables como el nivel de inversión que requieren los sistemas sensoriales (Dall y col., 2004; Briffa y col., 2008). Por lo tanto, para cualquier comportamiento existe una compensación entre plasticidad (ambiente) y consistencia (individualidad, (Briffa y col., 2008)). Comprender este aspecto es necesario para conocer cómo funcionan los mecanismos de supervivencia y el grado de influencia que tienen los factores ambientales en el comportamiento de los individuos. Una forma de explorar el grado de influencia de la plasticidad y consistencia en el comportamiento, es comparar las estimaciones del tamaño del efecto obtenidas con dos tipos de pruebas estadísticas: una calculando las diferencias promedio de comportamiento entre situaciones (plasticidad) y calculando la estabilidad en rangos en respuestas individuales entre situaciones (consistencia) (Briffa y col., 2008).

#### **1.1 Plasticidad y consistencia del comportamiento**

La plasticidad del comportamiento es la capacidad del individuo para adaptar sus conductas en respuesta a las condiciones ambientales cambiantes. Por el contrario la consistencia es la ejecución de conductas similares ante diferentes situaciones (Sih y col., 2004a; Stamps y Groothuis, 2010a).

Aunque se considera que la plasticidad es una ventaja en ciertas circunstancias puede no serlo, ya que al responder de una manera adaptativa a algunos estímulos ambientales y mejorar inmediatamente, también se aumenta la incertidumbre sobre el resto del medio ambiente (Dall y Cuthill, 1997; Dall y col., 2004). Además, al evaluar el entorno para actuar

de forma plástica, se aumentan las demandas energéticas, la exposición al riesgo y disminuye la aptitud (Komers, 1997).

Cuando los costos asociados a la plasticidad son demasiado altos, la consistencia del comportamiento se vuelve de mayor utilidad, ya que genera conductas similares en diferentes situaciones o “respuestas apropiadas” que responden a las demandas ambientales sin aumentar el gasto energético o la exposición al riesgo (Dall y col., 2004). Debido a que los individuos tienden a responder de manera consistente a situaciones desafiantes (Mendl y col., 1992; Mason y Mendl, 1993) la consistencia conductual indica la presencia de individualidad (Dall y col., 2004; Briffa y col., 2008). Dado que la individualidad varía en intensidad a lo largo de varios ejes (como timidez, audacia o agresividad (Réale y col., 2007)), la alta consistencia y la presencia de individualidad también facilitarían la consistencia en la intensidad conductual en todas las situaciones donde se favorece la baja agresión, pero pobremente en situaciones competitivas (Sih y col., 2004a).

Una de las pruebas que calculan el tamaño del efecto del tratamiento experimental y que más se adecuó al estudio fue el ANOVA de medidas repetidas, que mide las diferencias promedio del comportamiento entre las situaciones para los individuos que se observan en múltiples ocasiones (Johnson y Sih, 2005). Mientras tanto, la prueba estadística que calcula el tamaño del efecto de la consistencia es el coeficiente de concordancia de Kendall, que mide la consistencia en las diferencias del comportamiento entre individuos en múltiples situaciones (Bremner-Harrison y Prodohl, 2004). Ambas pruebas dan como resultado estimaciones del tamaño del efecto con valores entre 0-1. Si el tamaño del efecto del ANOVA ( $R^2$  ajustado) es mayor que el tamaño del efecto del coeficiente de concordancia de Kendall (W), la plasticidad sería el rango dominante para esa conducta, mientras que la consistencia se vería favorecida si el tamaño del efecto de la prueba de Kendall es mayor (Briffa y col., 2008).

## 1.2 Importancia del descanso y rumia

En vacas, las conductas de mantenimiento como el descanso y la rumia han sido bien estudiados porque se relacionan con el bienestar animal. La rumia es una actividad esencial para la obtención de energía (Grant y col., 2015) y se ve afectada por variables externas como las características nutricionales del forraje (Welch y Smith, 1970) y la estructura social (Rind y Phillips, 1999). La rumia también se ve afectada por variables internas tales como el consumo voluntario de alimento que produce cambios en el llenado del rumen percibidos por la distensión de la pared (Campling y col., 1961; Carr y Jacobson, 1967). Una disminución en la rumia puede conducir al desarrollo de acidosis (Owens y col., 1998).

La conducta de descanso es una prioridad para las vacas y se ve afectado por factores como la edad, el calor, la enfermedad, el alojamiento, el material de la cama, el manejo y la densidad de animales en el corral (Krohn y Munksgaard, 1993). Se ha demostrado que el descanso puede ser consistente a nivel individual (Hopster, 2000; Müller y Schrader, 2005b) y que el tiempo de descanso está relacionado con el aumento de los niveles de las hormonas del estrés (Munksgaard y Lovendahl, 1993; Munksgaard y Simonsen, 1996), mientras menos descanso es más aversivo para las vacas. De igual manera la cojera (Leonard y col., 1996; Chapinal y col., 2009) y lesiones (Rushen y col., 2007) son relacionadas con el descanso. Examinar el equilibrio entre la plasticidad y la consistencia de estas conductas en vacas en respuesta a un factor externo es un paso hacia la comprensión de cómo los animales de granja hacen frente a los desafíos ambientales, así como una indicación de la individualidad y la existencia de diferencias en la intensidad de las características del comportamiento, lo que podría significar un mayor riesgo en la salud para ciertos individuos.

Este conocimiento es relevante para el bienestar y manejo de los animales de granja ya que la consistencia en el comportamiento de los individuos puede estar relacionado con la capacidad de afrontar las condiciones del entorno (Manteca y Deag, 1993). Por lo tanto, este estudio examinó el equilibrio entre la plasticidad del comportamiento y la consistencia en las proporciones de los tiempos de descanso y rumia en vacas expuestas a diferente disponibilidad de cubículos mediante la comparación de las estimaciones del tamaño del

efecto de las pruebas estadísticas que miden la plasticidad y la consistencia. Además, discutiremos brevemente las implicaciones de la individualidad en términos de riesgo asociado con la intensidad de las respuestas conductuales.

### 1.3 Objetivos específicos

Evaluar la consistencia en las conductas descanso y rumia de manera individual en vacas lecheras estabuladas frente al reto de la disponibilidad de cubículos.

Evaluar el balance entre la consistencia y la plasticidad en los patrones de las conductas de rumia y descanso en vacas lecheras estabuladas de acuerdo con la disponibilidad de cubículos.

### 1.4 Hipótesis

Ante el reto de la diferente disponibilidad de cubículos se presenta una consistencia individual en las proporciones de tiempo y episodios en el comportamiento de descanso y rumia en vacas lecheras Holstein estabuladas.

Existe cierto grado de consistencia y plasticidad en los comportamientos de descanso y rumia en vacas lecheras Holstein estabuladas de acuerdo con la disponibilidad de cubículos.

## **2 Materiales y métodos**

### 2.1 Alojamiento y animales

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. (19°41´N, 99°11´W). El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE-FESC, folio C 14-10). 15 vacas lecheras sanas raza Holstein

( $631 \pm 17$  Kg de peso corporal; media  $\pm$  error estándar) con un rango de edad de 4 a 6 años ( $5.2 \pm 0.1$ ; media  $\pm$  error estándar) y con 6-7 meses de gestación fueron utilizadas en el estudio. Las vacas fueron alojadas en un corral abierto que contenía dos hileras de 10 cubículos, cada uno tenía una base de concreto y cama de arenilla silica que se limpiaba cada 3er día. El corral contaba con techo de lámina y dos lámparas de luz blanca las cuales se encendían durante la noche, con pasillos de cemento (P), un saladero (S), comedero (C) y un bebedero (B) distribuidos de acuerdo a la Figura 1.

Se montó una videocámara (Modelo KC5942-F, Meriva security, Guangzhou, China) con luz infrarroja en cada esquina del corral a cuatro metros de altura. Las vacas tenían libre acceso a la alimentación que era otorgada por el Médico encargado y agua, la ración se basó en ensilado de maíz, alfalfa achicalada y paca de avena, además de concentrado (una vez al día), y se complementó con concentrado durante las ordeñas (Dairy Roll con 17% de proteína).

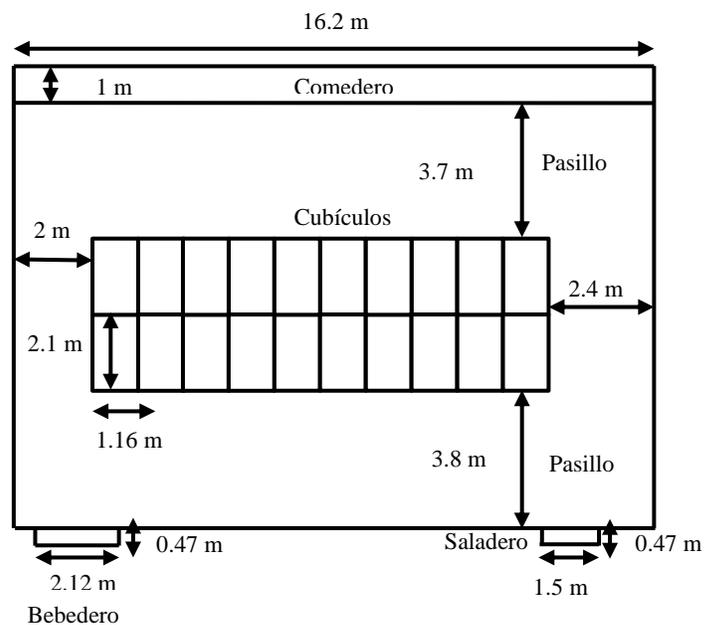


Figura 1.- Diagrama del corral de producción y distribución de los diferentes espacios (m= metros).

## 2.2 Observaciones y medición del comportamiento

Se utilizó un diseño de medidas repetidas para estudiar el efecto de la disponibilidad de cubículos en el comportamiento individual. Se realizaron observaciones piloto (15 días, 2 observadores, 2 horas por día), durante un periodo de habituación en los momentos de descanso, por lo que se determinó que los tratamientos se realizaran bloqueando el acceso a los cubículos menos usados, utilizando una cuerda atada horizontalmente en la entrada de los mismos a un metro de altura (Figura 2).

Durante la fase experimental se establecieron 3 tratamientos: A20 = 20 cubículos disponibles), A15 = 15 cubículos disponibles y A8 = 8 cubículos disponibles. Las observaciones se llevaron a cabo en 3 periodos consecutivos, cada uno de 12 días. Durante cada periodo, los tratamientos se aplicaron durante 4 días cada uno en orden aleatorio y consecutivo. Las vacas se observaron diariamente durante 6 horas. El primer día comenzó a las 08:00 y terminó a las 14:00, en el segundo día de 14:00 a 20:00; este proceso continuó consecutivamente completando un ciclo de 24 horas en 4 días por tratamiento (Harcourt, 1978). Esto dio como resultado 72 horas de observaciones por tratamiento.

Todas las observaciones fueron realizadas por 3 personas. El acuerdo inter e intraobservador se calculó con el coeficiente Kappa (acuerdo interobservador:  $\kappa = 0.93$ , acuerdo intraobservador:  $\kappa = 0.87$ ).

Las variables de comportamiento observadas fueron: Descanso (proporción del tiempo de descanso en cubículos, en pasillos y en total) y rumia (proporción del tiempo de rumia echada en cubículo o pasillo, de pie y total)

Estos comportamientos se registraron mediante observaciones directas por medio de un muestreo de barrido cada 10 minutos (Martin y Bateson, 2007) durante las seis horas diarias. Una vez que se tuvieron todas las observaciones, las variables se expresaron como proporciones, calculadas como número de observaciones por comportamiento / número total de muestreos de barrido. Del mismo modo, cada variable se promedió por tratamiento en los

tres periodos (es decir, la proporción del tiempo de descanso total por tratamiento dividido por 3 repeticiones) para comparar el efecto de la disponibilidad de cubículos.



Figura 2.- Restricción de cubículos

### 2.3 Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa Minitab para Windows (versión 17.1, Minitab Inc. Pennsylvania, USA).

Para investigar los efectos de la disponibilidad de cubículos sobre el comportamiento se utilizó un Modelo Lineal Generalizado (GLM por sus siglas en inglés) de medidas repetidas con los factores de tratamiento (variable fija) y vaca (variable aleatoria) y un nivel de significancia de  $P < 0.05$ . Los residuos se analizaron para una distribución normal utilizando la Prueba de Anderson-Darling ( $P > 0.05$ ). Los promedios en tablas se expresan como medias marginales estimadas con error estándar de la diferencia.

Los coeficientes de concordancia de Kendall (W) con un nivel de significancia de  $P < 0.05$  se calcularon para estimar el grado de consistencia sobre las proporciones de tiempo que las vacas realizaron cada conducta durante cada tratamiento. Se utilizó un criterio de dos pasos para interpretar los resultados de W de Kendall.

Primero, la significancia del valor de W obtenido con una prueba de Chi cuadrada, donde  $P < 0.05$  = consistencia significativa entre los tratamientos, y  $P > 0.05$  = sin consistencia entre los tratamientos.

Una vez que se estableció el nivel de significancia, el nivel de acuerdo se decidió siguiendo las pautas de Napolitano y col. (2005) y Gibbons y col. (2009), donde baja consistencia =  $W < 0.04$ , consistencia moderada =  $0.04 \leq W \leq 0.06$ , y alta consistencia =  $W > 0.06$ .

Se comparó el equilibrio entre consistencia y plasticidad del comportamiento siguiendo la metodología propuesta por Briffa y col. (2008), en el que las estadísticas de prueba y las estimaciones del tamaño del efecto obtenidas a través del modelo de GLM (plasticidad) y los coeficientes de concordancia (consistencia) de Kendall fueron contrastados. El método es una comparación básica de los valores del tamaño del efecto: si el tamaño del efecto del ANOVA ( $R^2$  ajustado) es mayor que el tamaño del efecto del coeficiente de concordancia de Kendall (W), la plasticidad sería el rasgo dominante para ese comportamiento, mientras que la consistencia se vería favorecida si el tamaño del efecto de la prueba de Kendall es mayor. La fuerza del tamaño del efecto se determinó usando la escala propuesta por Geiger y Hovorka (2015): muy débil: 0 – 0.19, débil: 0.2 – 0.39, moderada: 0.4 – 0.59, fuerte: 0.6 – 0.79 y muy fuerte: 0.8 – 1

### **3 Resultados**

#### **3.1 Plasticidad del comportamiento en proporciones de tiempo en las conductas de descanso y rumia.**

La proporción del tiempo de descanso fue diferente de acuerdo con la disponibilidad de cubículos en cada tratamiento. El descanso total y dentro de los cubículos fue mayor en los tratamientos A20 y A15 que en el tratamiento A8 ( $P < 0.0001$ ). El tiempo descansando en pasillo fue menor en los tratamientos A20 y A15 que en A8 ( $P = 0.002$ , cuadro 1).

La proporción del tiempo que pasaron rumiando de pie fue mayor para las vacas en el tratamiento A8 que en A20 y A15 ( $P < 0.0001$ ), mientras que la proporción del tiempo que las vacas estuvieron rumiando echadas en los cubículos y la rumia total fue mayor cuando estuvieron expuestas al tratamiento A20 y A15 ( $P < 0.0001$ ).

Aunque no fue significativo, las vacas en el tratamiento A15 disminuyeron la rumia cuando estaban echadas en pasillos (Cuadro 1).

Cuadro 1.- Proporciones de tiempo de conductas en las vacas por cada tratamiento

Conducta (Proporción de tiempo)	Tratamientos			SED	F <sub>NDF, DDF</sub>	P
	A20	A15	A8			
Descanso en cubículos	43.8 <sup>a</sup>	42.8 <sup>a</sup>	30.07 <sup>b</sup>	4.997	23.48 <sub>2,28</sub>	<0.0001
Descanso en pasillos	4.53 <sup>b</sup>	6.27 <sup>b</sup>	10.87 <sup>a</sup>	3.699	7.83 <sub>2,28</sub>	0.002
Descanso total	48.33 <sup>a</sup>	49.06 <sup>a</sup>	40.93 <sup>b</sup>	3.628	15.38 <sub>2,28</sub>	<0.0001
Rumia de pie	9.49 <sup>b</sup>	10.29 <sup>b</sup>	13.12 <sup>a</sup>	1.375	19.17 <sub>2,28</sub>	<0.0001
Rumia descansando en cubículos	33.23 <sup>a</sup>	20.27 <sup>b</sup>	12.78 <sup>c</sup>	2.359	192.40 <sub>2,28</sub>	<0.0001
Rumia descansando en pasillos	3.26 <sup>a</sup>	1.75 <sup>a</sup>	3.07 <sup>a</sup>	1.429	3.31 <sub>2,28</sub>	0.05
Rumia total	46.00 <sup>a</sup>	32.33 <sup>b</sup>	28.13 <sup>c</sup>	2.281	167.76 <sub>2,28</sub>	<0.0001

Proporciones (Número de observaciones por comportamiento / número total de muestreos de barrido) de conductas en 15 vacas expuestas a diferente disponibilidad de cubículos. A20 = 20 cubículos disponibles, A15 = 15 cubículos disponibles y A8 = 8 cubículos disponibles. SED = error estándar de la diferencia. F<sub>NDF, DDF</sub> = Valor de F, grados de libertad del numerador, grados de libertad del denominador. Las medias que no comparten una letra son estadísticamente diferentes entre tratamientos ( $P < 0.05$ ).

### 3.2 Consistencia del comportamiento en la proporción de tiempo en las conductas de descanso y rumia

Para la conducta de descanso en cubículos hubo una consistencia fuerte de las proporciones de tiempo que pasaron las vacas echadas en los tratamientos ( $W = 0.71$ ,  $P = 0.008$ ). De igual manera la proporción del tiempo dedicado al descanso en pasillos y el total del descanso tuvieron una consistencia alta ( $W = 0.87$ ,  $P = 0.0008$  y  $W = 0.70$ ,  $P = 0.009$  respectivamente, Cuadro 2).

Se observó una consistencia baja no significativa de las proporciones del tiempo de rumia mientras estaban de pie ( $W = 0.55$ ,  $P = 0.06$ ), cuando la realizaban echadas en cubículos mostró una alta consistencia ( $W = 0.69$ ,  $P = 0.01$ ). Para la proporción del tiempo de rumia echadas en pasillos, se observó una alta consistencia ( $W = 0.85$ ,  $P = 0.001$ ).

Por último, la conducta de alimentación mostró un alto nivel de consistencia ( $W = 0.83$ ,  $P = 0.001$ , Cuadro 2).

### 3.3 Comparación de la fuerza de la plasticidad y la consistencia del comportamiento en las conductas de las vacas.

El tamaño del efecto de la consistencia fue muy fuerte para el descanso en pasillos, descanso total y rumia echada en pasillos, comparado con la fuerza de los tamaños del efecto de plasticidad que fueron fuertes, moderados y fuertes respectivamente. Mientras tanto, el tamaño del efecto de la plasticidad fue fuerte para la rumia estando de pie, mientras que la consistencia tuvo tamaños de efecto moderados. Se encontraron tamaños de efecto muy fuertes en la plasticidad tanto para la rumia echada en cubículos como para la rumia total, y fuertes y débiles, respectivamente para la consistencia en estas conductas (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Estimaciones del tamaño del efecto para la consistencia y plasticidad conductual.

Conducta	Estadística		Probabilidad		Tamaño del efecto estimado		Característica del comportamiento favorecida
	Kendall ( $\chi^2$ )	GLM (F)	Kendal 1 (P)	GLM (P)	Kendall (W)*	GLM (R <sup>2</sup> )*	
<b>Descanso en cubículos</b>	30.01 <sub>14</sub>	23.48 <sub>2,2</sub>	0.008	<0.0001	0.71 – F	0.69 – F	Consistencia
<b>Descanso en pasillos</b>	36.72 <sub>14</sub>	7.83 <sub>2,28</sub>	0.0008	0.002	0.87 – MF	0.76 – F	Consistencia
<b>Descanso total</b>	33.99 <sub>14</sub>	15.38 <sub>2,2</sub>	0.002	<0.0001	0.81 – MF	0.59 – M	Consistencia
<b>Rumia de pie</b>	23.08 <sub>14</sub>	19.17 <sub>2,2</sub>	0.06	<0.0001	0.55 – M	0.67 – F	Plasticidad
<b>Rumia descansando en cubículos</b>	29.04 <sub>14</sub>	192.40 <sub>2,28</sub>	0.01	<0.0001	0.69 – F	0.91 – MF	Plasticidad
<b>Rumia descansando en pasillos</b>	35.84 <sub>14</sub>	3.31 <sub>2,28</sub>	0.001	0.05	0.85 – MF	0.74 – F	Consistencia
<b>Rumia total</b>	15.75 <sub>14</sub>	167.76 <sub>2,28</sub>	0.3	<0.0001	0.38 – D	0.88 – MF	Plasticidad

Estimaciones del tamaño del efecto para la consistencia y plasticidad conductual entre tratamientos de disponibilidad de cubículos. Las estadísticas de prueba y las estimaciones del tamaño del efecto utilizadas para la consistencia se obtuvieron con el coeficiente de concordancia de Kendall ( $\chi^2$  y W). Las estadísticas de prueba y las estimaciones del tamaño del efecto utilizadas para la plasticidad obtenidas con un modelo GLM con vaca como factor aleatorio para establecer un diseño de medidas repetidas con un factor (valor F y R<sup>2</sup> ajustado). Fuerza del tamaño del efecto: MF = muy fuerte; F = fuerte; M = moderado; D = débil. \* = se refiere a la fuerza del tamaño del efecto.

#### 4 Discusión

Las especies domesticadas, como el ganado lechero, tienen la plasticidad del comportamiento que les permite adaptarse a los ambientes cambiantes (Mignon-Grasteau y col., 2005). No obstante, también hay una amplia evidencia de la consistencia del comportamiento en el ganado (Koolhaas y Van Reenen, 2016). Comprender el equilibrio entre la consistencia y la plasticidad en el ganado podría ayudarnos a generar mejores

prácticas de manejo que consideren las tendencias individuales para realizar ciertos comportamientos o que predisponen a los animales a riesgos. Por ejemplo, un alto grado de consistencia en la agresividad en diferentes situaciones puede ser beneficioso cuando compite por los recursos, pero se considerará inapropiado en situaciones donde la cooperación es necesaria (Sih y col., 2004a).

Del mismo modo, si hay características que provocan una respuesta exagerada a los factores estresantes del medio ambiente, tener un entorno controlado dentro de un sistema puede ser primordial para mantener la productividad. En el presente estudio, se evaluó la plasticidad y consistencia en las conductas de descanso y rumia para explorar cómo estas características pueden ayudarnos a comprender los posibles riesgos para el ganado en relación con la disponibilidad de cubículos.

La plasticidad es una característica deseable ya que favorece la aptitud física (Sih y col., 2004a). Sin embargo, responder a una pequeña porción del ambiente total también disminuye las posibilidades de responder apropiadamente a cambios que van más allá de las condiciones locales (Dall y col., 2004), e implica un mayor gasto de energía y exposición a depredadores cuando están presentes (Komers, 1997). Por lo tanto, la consistencia es una opción cuando una sola variante del comportamiento en diferentes situaciones genera respuestas que funcionan bien en todos los contextos (Dall y col., 2004; Briffa y col., 2008). El análisis de las estimaciones del tamaño del efecto demostró que los animales presentan cierta plasticidad en respuesta a la disponibilidad de cubículos para la conducta de rumia, ya que la intensidad del tamaño del efecto varió de moderada ( $r_s$  0.4 – 0.59) a muy fuerte ( $r_s$  0.8 – 1). No obstante, los tamaños del efecto de la consistencia del comportamiento también fueron significativos, y en algunos casos, mayores que los de plasticidad. Estas diferencias de comportamiento son relevantes en aspectos del bienestar puesto que se observa la necesidad de cuidar los espacios disponibles para el descanso.

#### 4.1 Balance entre plasticidad y consistencia en la conducta de rumia

La baja disponibilidad de cubículos en A8 se asoció con una disminución en la rumia total y la rumia echada en cubículos en comparación con los tratamientos A15 y A20, a pesar de un aumento en la rumia mientras está de pie, lo cual es una consecuencia de permanecer de pie o bien no tener la motivación suficiente o capacidad de realizar otras conductas como el descanso cuando se tiene que competir por los lugares para echarse (Cooper y col., 2007). Nuestros resultados muestran que los animales en A8 tuvieron la mayor proporción de alimentación.

La alimentación y la rumia están íntimamente relacionadas, ya que la ingesta de alimentos aumenta la rumia y el llenado del rumen (Campling y col., 1961; Carr y Jacobson, 1967). Variables como el sexo, el estado fisiológico, el tamaño, la forma del cuerpo, la salud, la temperatura ambiente, la calidad del alimento y el fotoperíodo también afectan los patrones de alimentación (Mertens, 1994)

En el presente experimento, las vacas eran del mismo sexo, tenían un estado fisiológico similar, peso, edad, altura y estado de salud similares. También se mantuvieron en el mismo entorno físico y social durante el estudio, por lo tanto, era poco probable que las variaciones en estos factores alteraran los patrones de ingesta de alimentos. La hipótesis es que las vacas en el tratamiento A8 tuvieron una mayor proporción de tiempo en la alimentación a pesar de la probabilidad de un mayor llenado del rumen, porque utilizaron la conducta de alimentación como una actividad de desplazamiento, al no poder echarse a descansar en los cubículos, observada de manera similar por Cooper y col. (2007). Los autores privaron del descanso de 2 a 4 horas a vacas lactantes y reportaron que aumentaba la proporción de tiempo en la alimentación.

La alimentación y la rumia de pie aumentaron en las vacas durante el tratamiento A8 probablemente debido a la privación del descanso (Cooper y col., 2007), mientras que la rumia total disminuyó. Esto también es consistente con el hecho de que la alimentación es un comportamiento predominante de los rumiantes y tiene prioridad sobre la rumia cuando

los factores causales de las dos actividades entran en conflicto (Metz, 1975). En tales circunstancias estas conductas pueden ser indicadores de bienestar.

Además, si asumimos que las observaciones de alimentación obtenidas están relacionadas con la cantidad real de alimento consumido, se hubiera esperado un aumento en la rumia de los animales en el tratamiento A8, en lugar de la disminución observada, ya que la distensión del rumen aumentaría la actividad de rumia (Campling y col., 1961; Carr y Jacobson, 1967). A pesar de la relación entre la ingesta de alimento, la distensión ruminal y la rumia, la disponibilidad de cubículos como factor externo puede alterar los patrones de rumia, resaltando la posibilidad de plasticidad en respuesta al estrés como lo han reportado (Schirrmann y col., 2012).

En otro estudio, se reagrupó a vacas lecheras en diferentes cambios de ambiente cuando se mantuvieron en grupos de 6 y luego se dividieron en grupos de 3 y se colocaron en un corral diferente o se quedaron en su corral original. Las tríadas que permanecieron en el corral y presentaron una nueva tríada mostraron una disminución en el tiempo dedicado a la rumia en el día del reagrupamiento, mientras que las tríadas pasadas a un nuevo corral mostraron una disminución en el comportamiento de rumia el día después del reagrupamiento, de igual manera el tiempo de descanso disminuyó (Schirrmann y col., 2011). En un experimento diferente asignando vacas a grupos de cortisol altos o bajos después del muestreo y análisis de sangre, se asoció un menor tiempo de rumia con las vacas en el grupo de cortisol alto, lo que se atribuyó a la relación entre cortisol y ansiedad debido al manejo (Bristow y Holmes, 2007).

La rumia favoreció la plasticidad del comportamiento, dado que los individuos la presentaron aun no estando en los cubículos. La rumia es de gran importancia ya que facilita la adquisición de energía de las plantas (Grant y Dann, 2015). Se ha informado previamente de una compensación por plasticidad para este comportamiento en el borrego cimarrón de las Montañas Rocosas (*Ovis canadensis*), que tenía una respuesta de rumia altamente plástica a factores externos como la temperatura y el tamaño del grupo, además de las características individuales como la edad, masa corporal y sexo. La plasticidad para esta especie se

consideró como una herramienta para optimizar la rumia en respuesta a las limitaciones medioambientales (Moquin y col., 2010), ya que la plasticidad conductual o fisiológica es una forma común de adaptarse a factores estresantes frecuentes pero leves (Badyaev, 2005).

La plasticidad se favorece evolutivamente si el costo energético asociado es pequeño (Scheiner, 1993). El costo de energía de la rumia es muy bajo en comparación con otras actividades (Osuji, 1974), por lo que eso puede explicar por qué durante el descanso en los cubículos y de pies se presentó la plasticidad. Si el costo de producir o de mantener los sistemas sensoriales y de procesamiento de la información es suficientemente bajo (Briffa y col., 2008), los cambios en los patrones de rumia en respuesta a un gradiente ambiental serían preferibles ya que este proceso es muy sensible a las condiciones externas, como las características nutricionales del forraje (Welch y Smith, 1970) y la estructura social (Rind y Phillips, 1999). Diferentes patrones de rumia son útiles para mantener la homeostasis, que es uno de los principales objetivos de la plasticidad del comportamiento (Badyaev, 2005). Una compensación hacia la plasticidad sería ventajoso y deseable para los patrones de rumia en relación con el estrés leve asociado con la indisponibilidad de cubículo. Redirigiendo la energía de largo plazo en procesos de supervivencia (es decir, digestión y almacenamiento de energía) a procesos de supervivencia inmediata (es decir, metabolismo de grasas y proteínas) durante la respuesta al estrés siendo altamente adaptativas (Sapolsky, 2000).

Por lo tanto, la disminución en la rumia total observada aquí implicaría que mientras la respuesta de la rumia es intrínsecamente plástica, favorece una disminución en los patrones del comportamiento durante la respuesta al estrés (Moquin y col., 2010).

#### 4.2 Balance entre plasticidad y consistencia en la conducta de descanso

El descanso es una actividad importante para el ganado y estudios previos han demostrado que esta conducta en las vacas es consistente en duración y frecuencia a nivel individual (Hopster, 2000). En nuestro estudio, el tiempo de descanso total se redujo en el tratamiento A8, como se reportó en otros estudios donde las vacas disminuyeron su tiempo

de descanso cuando estuvieron expuestas a altas densidades de población (Fregonesi y col., 2007; Krawczel y col., 2012; Winckler y col., 2015). Aunque la disminución en el descanso observada en el tratamiento A8 implica que hay un nivel de plasticidad en el descanso, el componente de consistencia fue más fuerte cuando se compararon las estimaciones del tamaño del efecto. Por lo tanto, los individuos que tienden a descansar más que otros mantienen esta tendencia constante a pesar de los efectos generales de la disponibilidad de cubículos.

Se han observado resultados similares en la frecuencia y la duración del descanso en cuanto a la consistencia de manera individual durante dos lactaciones, puesto que se presentan cambios ambientales (Müller y Schrader, 2005b).

Dado que la privación del descanso activa la respuesta al estrés a través de un aumento en los niveles de las hormonas adrenocorticotrópica y cortisol (Munksgaard y Simonsen, 1996; Fisher y col., 2002), planteamos la hipótesis de que el mantenimiento de la consistencia individual en patrones de descanso puede funcionar como una estrategia para mantener los efectos adversos en la privación del mismo a un nivel que sea tolerable para el individuo y así mantener un bienestar. El éxito de esta estrategia puede estar determinado por la cantidad de tiempo que las vacas están sometidas a un factor estresante.

También se ha observado que las vacas con períodos largos de descanso tienen la mayor regularidad en los patrones de comportamiento, la actividad motora más baja y el mayor éxito en interacciones agonísticas, lo que hace que la locomoción sea un buen indicador de inquietud (Schrader, 2001). Por lo tanto, la consistencia en los patrones de descanso observados en el presente estudio podría ser una estrategia para mantener el estrés tolerable a nivel individual y una consecuencia del afrontamiento al medio ambiente.

#### 4.3 Consistencia del comportamiento e individualidad: implicaciones y perspectivas

La consistencia conductual es un indicador de la individualidad (Dall y col., 2004; Briffa y col., 2008). La individualidad (también conocida como temperamento, personalidad, estilo de afrontamiento o estilo conductual; (Trillmich y Hudson (2011)) es la suposición de cierto grado de consistencia interna en la forma en que los individuos responden a las diferentes situaciones (Mason y Mendl, 1993). También se ha demostrado que varía dentro de una gama de diferentes ejes conductuales, como la timidez, la audacia, la evitación de la exploración, la actividad, la sociabilidad y la agresividad (Réale y col., 2007). Aunque para los animales de granja, la idea de individualidad ha sido desafiada por algunos autores debido a la selección unidireccional que disminuye la variación genética (Jensen, 1995) y la presencia de comportamientos altamente sincronizados (Rook y Huckle, 1995), hay evidencia cada vez más significativa de la presencia de la consistencia en el comportamiento y la individualidad en vacas lecheras (Schrader, 2002; Müller y Schrader, 2005b).

En el caso de la conducta de descanso observadas en este experimento, los individuos con una consistencia en los tiempos de descanso cortos pueden estar en mayor riesgo de desarrollar lesiones (Rushen y col., 2007), cojeras (Leonard y col., 1996) y estrés en general (Munksgaard y Lovendahl, 1993; Munksgaard y Simonsen, 1996), independientemente de la disponibilidad de cubículos, debido a su tendencia individual a descansar menos. Del mismo modo, los animales que constantemente descansan por períodos de tiempo más largos, independientemente de los cambios en la disponibilidad del cubículo, pueden estar expuestos a un mayor tiempo acostado en suelos duros como cuando descansan en pasillos, por lo que se intensifica la presión en su cuerpo y el dolor asociado con el cambio posiciones, así como la exposición a la fricción negativa características del piso, que pueden inhibir los cambios en la postura del cuerpo y agregar presión excesiva a partes específicas del cuerpo (Nilsson, 1988). En consecuencia, las preferencias individuales hacia tiempos de descanso cortos o largos pueden asociarse a factores de riesgo que afectan el bienestar.

Las investigaciones que vinculen otras características del comportamiento, como las interacciones sociales, pueden ser importantes para identificar individuos que pudiesen estar en riesgo, como se sugirió anteriormente para la cojera en vacas lecheras (Galindo y col., 2000; Müller y Schrader, 2005b). Como los patrones de comportamiento específicos pueden evolucionar conjuntamente con la morfología y otras características fisiológicas (Weislo, 1989), es posible identificar finalmente riesgos de salud específicos asociados con la individualidad conductual, pero también morfológica.

Por lo tanto, el conocimiento sobre la consistencia conductual, como los resultados de este estudio, podrían mejorar las prácticas de manejo diario y el diseño de las instalaciones para vacas lecheras (Wagner-Storch y Palmer, 2003) tomando en cuenta por ejemplo el modo de echarse.

El desarrollo de investigaciones que asocien patrones de comportamiento, consistencia, individualidad y factores de riesgo en animales de producción son necesarios. La investigación de este tipo necesitará el uso de la tecnología tales como los sensores de rumia, que son capaces de monitorear con precisión los desequilibrios en dicha actividad (Pahl y col., 2012) y sistemas de monitoreo de actividad automatizados para evaluar la frecuencia y duración del comportamiento de descanso (Müller y Schrader, 2005b). Este tipo de estudios son una prioridad, ya que el bienestar animal necesita centrarse cada vez más en la prevención de problemas para beneficiar tanto a los productores como a los animales.

## **CAPÍTULO 3.- Repetibilidad de las diferencias individuales en el comportamiento de vacas Holstein en las etapas de parto, parto, postparto y separación de la cría, y su relación con la actividad adrenal.**

### **1 Introducción**

Durante el periodo de transición que comprende 3 semanas antes del parto y 3 semanas después, los cambios metabólicos que se producen en la vaca pueden desencadenar problemas de salud como cetosis, hipocalcemia e hipomagnesemia (Sundrum, 2015), lo que repercute en el bienestar animal y la producción.

La consistencia y plasticidad del comportamiento son de gran relevancia para el bienestar, ya que este término se relaciona con la forma en que un individuo afronta su ambiente, lo que implica la adaptación de su comportamiento y componentes fisiológicos (Broom, 2008).

La consistencia conductual es evaluada calculando la repetibilidad (Jack y Stephen, 1997) que es la proporción de variación conductual medida en la población debida a diferencias entre individuos y no a la variación entre las medidas repetidas en los mismos individuos (Wolak y col., 2012).

La consistencia en el comportamiento ha sido estudiada en diversos contextos; Noer y col. (2016) evaluaron la consistencia conductual de timidez-audacia en machos y hembras durante la estación reproductiva y no reproductiva en Vison americano (*Neovison vison*) frente a un contexto social donde se colocó un espejo para que se refleje la imagen completa del animal (prueba de espejo) y un contexto individual, al animal se le presenta un objeto nuevo (prueba de objeto novedoso) encontrando consistencia individual.

Se conoce que existe consistencia en el comportamiento agresivo (topes, empujones, amenazas, entradas forzadas al comedero) al momento de la alimentación en vacas lecheras (Gibbons y col., 2009). En cuanto al comportamiento materno en bovinos de carne se sabe

que existe consistencia en el cuidado de las crías y protección materna entre dos lactaciones (Stěhulová y col., 2013). Cortés y col. (2018) encontraron consistencia en el descanso en su estudio de reducción de cubículos en vacas lecheras y por otro lado reportaron plasticidad en la conducta de rumia al igual que Moquin y col. (2010) en ovejas.

### 1.1 Comportamiento de la vaca en la etapa de transición

El comportamiento de la vaca cuando está en el periodo de transición se modifica debido al estado fisiológico. Después del parto se genera el vínculo entre madre y cría basado en una mutua preferencia emocional. Esta relación es duradera ya que continua aún en las separaciones temporales y se caracteriza por conductas filiales como el acicalamiento, amamantamiento, protección, sincronización de actividades y el descanso manteniendo la proximidad (Newberry y Swanson, 2008).

Tres días antes del parto las vacas comienzan a incrementar los episodios de descanso hasta en un 80% mientras que 24 horas antes del parto pasan 49% del tiempo paradas y descansando en recumbencia hasta 41% (von Keyserlingk y Weary, 2007).

En el día del parto se aumentan los episodios en la conducta de pie, hasta 21.8 comparado con 11.7 y 13.1 antes y después del nacimiento respectivamente (Huzzey y col., 2005). Una vez que la cría nace, inicia el cuidado materno. Las madres permanecen cerca de las crías inclusive en el descanso, se observan lamidos largos y frecuentes (figura 3), así como vocalizaciones bajas (boca cerrada) (Marchant-Forde y col., 2002), siendo estas últimas de gran importancia para establecer el vínculo materno filial (Watts y Stookey, 2000). Este comportamiento va disminuyendo conforme avanzan los días (Pitts y col., 2002; Numan y col., 2006; Jensen, 2011). Johnsen y col. (2015) mencionan que el reconocimiento de la cría en vacas lecheras se presenta, solo con la identificación que se da inmediatamente después del nacimiento debido al lamido.

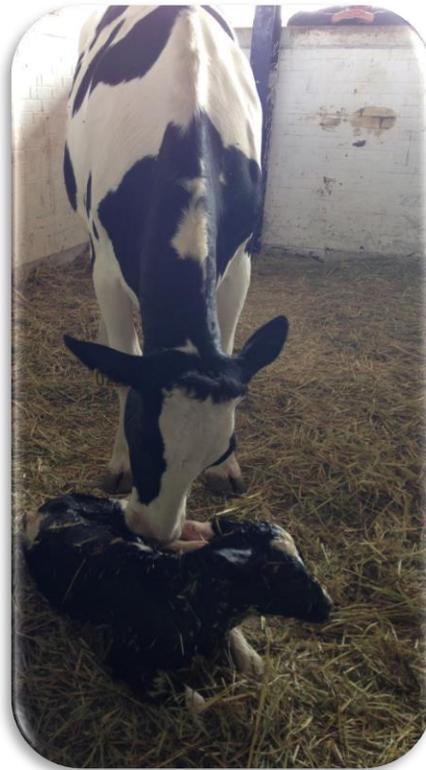


Figura 3.- Limpieza de la cría

Durante la separación de su cría, las vacas presentan mayor cantidad de vocalizaciones altas, disminuye la frecuencia de la rumia y permanece de pie por más tiempo, sobre todo en las hembras multíparas (Ungerfeld y col., 2011). Este suceso provoca una inquietud, aun estando sólo 5 minutos con la cría (Flower y Weary, 2001; Flower y Weary, 2003) además de observarse mayor porcentaje de visibilidad de la esclerótica indicando una emoción negativa ante la separación (Sandem y Braastad, 2005).

Weary y Chua (2000) evaluaron los efectos de la separación a las 6 horas, 1 día y 4 días postparto, encontrando que las vacas vocalizaban por varias horas cuando tuvieron a sus crías por más tiempo, aunque no encontraron diferencias en la producción de leche ni en la ganancia de peso del becerro. Posteriormente se reporta que el estrés por separación era más fuerte en vacas que tuvieron a su becerro por dos semanas disminuyendo la producción

lechera en comparación con las que tuvieron a la cría 1 día. Sin embargo, una vez retirada la cría, la producción fue igual a las demás vacas. Por otro lado, la cría presenta mayor beneficio al continuar con la madre ya que ganaron más peso que las crías separadas a las 24 horas (Flower y Weary, 2001), todas las vacas se alimentaron dos veces al día con un concentrado de granos maíz y forraje. Rhim (2013) reporta que las vocalizaciones en las vacas que tuvieron una separación parcial de sus becerros (la madre y la cría no tienen un contacto visual, pero se pueden reconocer por el sentido del olfato y auditivo) fueron mayores en comparación con las vacas que separaron completamente. Esta respuesta ante la separación se incrementa conforme más tiempo permanezcan juntos la madre y la cría (Weary y Chua, 2000; Stěhulová y col., 2008).

Todas estas conductas ante la separación de la cría van disminuyendo conforme pasa el tiempo. Pérez-Torres y col. (2016) reportan una disminución en los indicadores de estrés tras 48 horas de estar separadas, además reportan que las vacas más viejas muestran menores signos de estrés que las vacas más jóvenes. A pesar de esto se ha observado que las conductas expresadas ante la separación de la cría pueden ser reemplazadas por la alimentación (Hopster y col., 1995).

## 1.2 Actividad Adrenal

Las diferencias individuales en el comportamiento han sido asociadas a la variación endocrina, puntualizando en las hormonas del eje hipotálamo-hipofiso-adrenal (HPA) (Koolhaas y col., 1999). Por lo tanto, además de la conducta es necesario conocer algunas variables fisiológicas que puedan ser confiables para una mejor comprensión del comportamiento. Un ejemplo de esto es el Carbonero común (*Parus major*), que fueron seleccionados artificialmente en dos líneas, la línea “FAST” que rápidamente exploró un ambiente nuevo y se aproximó un objeto nuevo, sucediendo lo contrario con la línea “SLOW”, en el experimento se introdujo un macho agresivo y la respuesta fisiológica mostró que la línea SLOW tuvo una menor secreción de corticosteroides (Carere y col., 2003).

El cortisol es un corticosteroide implicado en la respuesta de estrés en los animales a través de la activación del eje HPA. Participa en varios procesos fisiológicos del metabolismo y su presentación se ve afectada por un ambiente competitivo e impredecible (Proudfoot y col., 2018).

Un estudio realizado en seis vacas lactantes (4 a 7 meses en lactación) y con un sistema de recolección de muestras de sangre cada 15 minutos arrojó resultados sobre el ritmo circadiano de los niveles de cortisol plasmático con un promedio de 3.1 ng/ml a las 18:00 y una máxima de 4.5 ng/ml a las 5:30 horas, encontrando variaciones en el pico de la amplitud de ritmo de entre 1 a 17 ng/ml entre las vacas y a lo largo del tiempo. Es de tomar en cuenta que el número de animales de este estudio es reducido por lo que los resultados deben considerarse con cuidado (Lefcourt y col., 1993).

Por otro lado, Wagner y Oxenreider (1972) encontraron que de 02:00 a 10:00 am la concentración de cortisol es de  $7.34 \pm 0.53$  (ng/ml, media  $\pm$  desviación estándar), de 10:00 a 18:00 la concentración es de  $7.51 \pm 0.68$  y de 18:00 a 02:00 es de  $5.31 \pm 0.40$ . Recientemente Tallo-Parra y col. (2018) en su estudio con 101 vacas Holstein y por 60 días de toma de muestra encontraron que el cortisol detectado en pelo en vacas gestantes y no gestantes eran de  $4.41 \pm 1.32$  y  $4.51 \pm 1.56$  pg/mg respectivamente sin diferencia estadística en la concentración.

Sin embargo, se han observado modificaciones en la concentración del cortisol cercano al parto, dos días antes del parto se incrementa llegando a su pico máximo el día del nacimiento, disminuyendo rápidamente al primer día (Patel y col., 1996). En vacas Hopster y col. (1995) reportan que ante la separación de la cría no existe diferencia significativa en la concentración plasmática del cortisol antes ( $3.8 \pm 2.4$  ng/ml) y después de 15 minutos de la separación ( $2.2 \pm 2.3$  ng/ml) aun estando 3 días con ella. Estos resultados podrían explicarse con otro estudio donde se reporta que el cortisol en vacas se eleva un promedio de  $32.82 \pm 85.01$  ng/ml (media  $\pm$  desviación estándar) un día después de estar con la cría, presentando una disminución de hasta  $8.62 \pm 18.50$  ng/ml en el segundo día (Uetake y col.,

2014). En el estudio de Hopster y col. (1995) la separación fue al tercer día cuando el cortisol ya regreso a su concentración basal.

Se sabe que existe una pequeña consistencia a través del tiempo en los niveles de cortisol en vacas primíparas entre el segundo y cuarto día de lactancia durante la ordeña, lo que brinda una pequeña evidencia sobre la individualidad en vacas lecheras (Van Reenen y col., 2002) con respecto a la fisiología. La información que existe sobre la consistencia individual en la etapa de transición es muy pobre ya que sólo se estudia ciertos aspectos de esta, sólo se ha reportado consistencia en la alimentación y en los episodios de la conducta de parada (Huzzey y col., 2005) pero en las etapas de parto y postparto por separado.

### 1.3 Objetivo específico

Valorar la individualidad a través de la repetibilidad en las diferentes conductas en vacas lecheras Holstein durante el parto (24 horas antes del parto), parto, postparto (24 horas después del parto) y separación de la cría.

Determinar la repetibilidad de la actividad adrenal en las etapas de parto, postparto y separación de la cría lo puede indicar individualidad.

### 1.4 Hipótesis

La individualidad es repetible a través de la medición de las conductas en vacas lecheras Holstein durante el parto (24 horas antes del parto), parto, postparto (24 horas después del parto) y separación de la cría.

Existen diferencias individuales en la concentración del cortisol ante las situaciones de parto, postparto y separación de la cría y éstas serán repetibles.

## 2 Materiales y métodos

### 2.1 Alojamiento y animales

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. (19°41´N, 99°11´W). El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE-FESC, folio C 14-10). Once vacas lecheras sanas raza Holstein ( $631 \pm 17$  Kg de peso corporal; media  $\pm$  error estándar) con un rango de edad de 4 a 6 años ( $5.2 \pm 0.1$ ; media  $\pm$  error estándar) se utilizaron en el estudio, estas vacas fueron las mismas del estudio 1.

Durante el parto fueron alojadas en el corral de producción utilizado en el estudio 1. Para los partos ocurridos en los meses de noviembre y diciembre, las vacas fueron alojadas en parideros de 4 x 4 metros que contenían un comedero y bebedero. El techo tenía una lámpara que se encendía por la noche, la cama era de paja y por medio de la prueba de rodillas se comprobó el confort, la limpieza del paridero se realizó dos veces al día. Todas las vacas parieron entre noviembre y diciembre de 2015.

Cuatro videocámaras (Modelo KC5942-F, Meriva security, Guangzhou, China) con luz infrarroja fueron montadas en cada esquina del paridero a cuatro metros de altura del suelo. La ración se basó en ensilado de maíz, alfalfa achicalada y paca de avena, además de concentrado Dairy Roll con 17% de proteína (una vez al día) y se complementó con concentrado durante las ordeñas después del parto.

### 2.2 Observaciones y medición del comportamiento

Se tomaron en cuenta las observaciones del primer estudio con la disponibilidad de 20 cubículos, además de otras variables. Cada vaca se llevó a un paridero individual dos días antes de la fecha programada de parto para su habituación (previa revisión clínica). Las cámaras grabaron 24 horas antes, durante y después del parto, además de la separación de la

cría por una hora, teniendo un total aproximado de 50 horas por vaca. La separación de la cría se realizó aproximadamente a las 24 horas del nacimiento debido al manejo del rancho.

Las variables observadas fueron: descanso total (echada con y sin rumia), alimentación (la vaca fue observada masticando), rumia (parada o echada). A través de un muestreo de barrido con registro instantáneo cada 10 minutos, se calculó la proporción de tiempo de todas las variables mencionadas, se midió como el número de barridos por comportamiento / número total de muestreos de barrido.

Por otro lado, se registraron a través de un muestreo conductual y registro continuo las vocalizaciones altas (con la boca abierta), vocalizaciones bajas (con la boca cerrada), número de episodios de descanso, episodios de alimentación, episodios rumia y acicalamiento. Estas variables se midieron considerando la frecuencia de presentación / unidad de tiempo (h) (Martin y Bateson, 2007).

### 2.3 Determinaciones de cortisol plasmático

Se midió el cortisol plasmático en las etapas de parto, parto y separación de la cría. Para ello se tomaron muestras de sangre aproximadamente a las 24 horas antes del parto, 15 minutos después del parto y durante la separación de la cría. Todas las muestras fueron obtenidas con la ayuda del Médico encargado para su rápida recolección.

Las muestras se obtuvieron de la vena caudal en tubos vacutainer sin heparina (BD Franklin Lakes, NJ, USA) y se centrifugaron a 5000 rpm para la obtención del suero, éstas muestras se congelaron a -20°C en el Laboratorio 3 de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria de la FES-Cuautitlán (UNAM). La medición de la concentración de cortisol se realizó con un kit comercial (DRG Cortisol ELISA EIA-1887, DRG international, Inc. USA) siguiendo las instrucciones del proveedor, en el laboratorio de Reproducción de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM).

Un total de 33 muestras fueron guardadas en el Laboratorio 3 de la Unidad de Investigación multidisciplinaria de la FES-Cuautitlán, sin embargo, uno de los congeladores se descompuso quedando 21 muestras en total para analizar.

En el Cuadro 3 se observa la hora del día en la que fue tomada la muestra por vaca y el número total de muestras.

Cuadro 3.- Toma de muestra de sangre durante el parto, parto y separación de la cría.

Identificación	Hora del día			Total de muestras
	Parto	Parto	Separación	
1	9:00	10:42	10:30	3
2	9:00	13:03	12:40	3
3	14:00	19:52	19:30	3
5	9:00	13:34	13:20	3
7	14:00	23:33	19:30	3
8	14:00	16:48	16:30	3
9	9:00	11:39	11:30	3
10	14:00	14:26	14:30	3
11	9:00	13:44	13:30	3
12	9:00	10:54	11:00	3
13	14:00	14:08	14:00	3

Determinación de la concentración de cortisol plasmático por medio de prueba de ELISA

El kit de inmunoensayo enzimático DRG cortisol, es un ensayo en fase sólida de inmunoabsorción unido a enzimas (ELISA) basado en el principio de unión competitiva.

Los pocillos de las placas están recubiertos con un anticuerpo monoclonal dirigido contra un foci antigénico en la molécula cortisol. El cortisol de las muestras compete con un

conjugado cortisol-peroxidasa de rábano en la unión al anticuerpo. Después de la incubación el conjugado no unido se lava.

La cantidad de conjugado peroxidasa unido es inversamente proporcional a la concentración de cortisol en la muestra. Después de la adición de la solución sustrato, la intensidad de color desarrollado es inversamente proporcional a la concentración de cortisol en la muestra de la vaca.

#### 2.4 Análisis estadístico

Para las observaciones en los cambios en la proporción del tiempo en descanso total, alimentación, rumia y acicalamiento, además, de las frecuencias observadas / unidad de tiempo (h) en las vocalizaciones altas, vocalizaciones bajas, episodios de descanso, alimentación y rumia se realizaron los análisis utilizando el programa IBM SPSS Statistic 20.0. Se hizo un análisis descriptivo de las conductas observadas, obteniendo media y desviación estándar de las medias. De acuerdo con las individualidades se agruparon a las vacas en ellas y así se realizó un análisis descriptivo con cada conducta.

Se realizó un Modelo lineal generalizado (GLM) de medidas repetidas para conocer si existió diferencia en las conductas presentes en las etapas de parto, postparto y separación de la cría.

Se calculó el índice de coeficiente de correlación intraclase que es ampliamente utilizado para conocer la repetibilidad o consistencia de las variables en diseños de medidas repetidas (Wolak y col., 2012). La repetibilidad por medio del índice de correlación intraclase se expresa con el coeficiente R, donde la conducta es más repetible (más variación entre individuos y menos variación intraindividual) tendrá valores más cercanos a 1. El nivel de acuerdo de repetibilidad se decidió siguiendo las pautas de Koo y Li (2016), donde: baja:  $R \leq 0.5$ , moderada:  $R = 0.5-0.74$ , buena:  $R = 0.75-0.8$  y excelente:  $R = 0.8-1$ .

Se realizó la prueba de ELISA para conocer la concentración de cortisol plasmático, estos resultados se analizaron por medio de un ANOVA entre las diferentes etapas más un post hoc de Bonferroni y un análisis descriptivo. Por último, se realizó el índice de coeficiente de correlación intraclase.

### 3 Resultados

#### 3.1 Análisis descriptivo

En el análisis entre las etapas de parto (24 horas antes), parto, postparto (24 horas después) y tras la separación de la cría se encontró diferencias en las conductas de mantenimiento (cuadros 4 y 5). En el Cuadro 4 se observan las medias de las proporciones de tiempo y medias de las frecuencias de las conductas más su desviación estándar, en el Cuadro 5 se tienen las proporciones de tiempo y frecuencias por vaca.

Cuadro 4.- Proporciones\* del tiempo promedio en estados conductuales y frecuencias<sup>†</sup> / h promedio para eventos conductuales de las vacas por etapa.

Conducta	Periodo			
	Preparto	Parto	Postparto	Separación
Descanso total*	0.43 ± 0.11	0.57 ± 0.12	0.48 ± 0.12	0.05 ± 0.13
Alimentación*	0.17 ± 0.06	0.00 ± 0.0	0.00 ± 0.04	0.09 ± 0.03
Rumia*	0.26 ± 0.12	0.06 ± 0.14	0.22 ± 0.08	0.00 ± 0.02
Episodios descanso <sup>†</sup>	14.63 ± 8.36	4.73 ± 3.87	10.82 ± 10.09	0.27 ± 0.47
Episodios alimentación <sup>†</sup>	20.36 ± 5.83	0.00 ± 0.00	14.73 ± 14.21	5.82 ± 4.00
Episodios rumia <sup>†</sup>	10.00 ± 3.94	0.18 ± 0.40	5.00 ± 5.20	0.45 ± 0.93
Acicalamiento <sup>†</sup>	28.27 ± 24.39	7.00 ± 6.40	31.54 ± 27.88	4.54 ± 6.57
Vocalizaciones bajas <sup>†</sup>	0.45 ± 1.21	10.73 ± 21.73	192.10 ± 94.60	7.10 ± 6.85
Vocalizaciones altas <sup>†</sup>	3.91 ± 6.53	14.91 ± 21.73	3.91 ± 6.77	1.82 ± 2.56

Cuadro 5.- Proporciones\* del tiempo promedio en estados conductuales y frecuencias<sup>†</sup> / h promedio para eventos conductuales individuales en las vacas observadas por etapa

ID	Descanso*				Alimentación*				Rumia*				Episodios descanso <sup>†</sup>				Episodios Alimentación <sup>†</sup>			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	0.23	0.5	0.44	0.00	0.21	0.00	0.15	0.16	0.28	0.00	0.15	0.00	15	6	12	1	34	0	27	10
2	0.31	0.70	0.52	0.00	0.17	0.00	0.19	0.10	0.29	0.00	0.23	0.05	18	4	31	0	21	0	32	6
3	0.51	0.50	0.58	0.35	0.21	0.00	0.19	0.08	0.10	0.00	0.37	0.00	10	6	3	1	23	0	6	5
5	0.33	0.83	0.56	0.00	0.19	0.00	0.06	0.07	0.25	0.00	0.16	0.00	37	15	13	0	23	0	3	2
7	0.40	0.50	0.63	0.00	0.22	0.00	0.15	0.07	0.53	0.00	0.28	0.00	7	4	0	0	17	0	18	4
8	0.56	0.67	0.58	0.00	0.13	0.00	0.15	0.12	0.24	0.00	0.25	0.00	13	1	16	0	16	0	26	4
9	0.52	0.50	0.57	0.00	0.19	0.00	0.12	0.05	0.12	0.00	0.24	0.00	8	6	0	0	22	0	14	3
10	0.51	0.60	0.46	0.00	0.21	0.00	0.17	0.12	0.13	0.00	0.28	0.00	7	4	0	0	18	0	10	16
11	0.38	0.60	0.25	0.27	0.20	0.00	0.19	0.10	0.36	0.40	0.09	0.00	15	3	6	1	23	0	31	6
12	0.46	0.50	0.27	0.00	0.06	0.00	0.17	0.08	0.25	0.30	0.18	0.02	15	1	21	0	14	0	23	5
13	0.58	0.41	0.46	0.00	0.07	0.00	0.20	0.05	0.29	0.00	0.02	0.02	16	2	17	0	13	0	22	3

ID	Episodios rumia <sup>†</sup>				Acicalamiento <sup>†</sup>				Vocalización baja <sup>†</sup> .				Vocalizaciones altas <sup>†</sup>			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	13	0	6	0	38	2	2	0	0	6	92	7	0	73	0	0
2	14	0	13	3	71	5	28	1	4	4	204	1	13	14	1	0
3	8	0	18	0	3	1	67	0	0	12	286	1	0	1	0	0
5	7	0	3	0	5	4	17	8	0	0	47	0	1	3	0	0
7	7	0	15	0	10	3	27	21	0	5	325	17	0	7	0	8
8	10	0	5	0	19	9	47	0	1	11	307	0	13	7	1	2
9	5	0	150	0	12	8	2	6	0	5	194	13	0	4	4	5
10	6	0	15	0	13	4	10	0	0	0	123	14	0	7	22	2
11	18	1	4	0	60	20	93	0	0	75	272	14	0	37	0	0
12	10	1	11	1	22	3	27	4	0	0	125	0	16	1	5	1
13	12	0	1	1	58	18	27	10	0	0	138	11	0	10	10	2

1.- etapa preparto, 2 etapa del parto, 3 etapa de postparto y 4 separación de la cría.

### 3.2 MLG de medidas repetidas de las conductas entre las diferentes etapas del periodo de transición

Las diferencias entre las etapas de preparto (24 horas antes), parto, postparto (24 horas después) y la separación de la cría se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 6.- Diferencias de las proporciones de tiempo\* y frecuencias† / h entre las diferentes etapas del periodo de transición.

Conducta	F	P	Conducta	F	P
Descanso total*	28.23	0.00	Episodios de rumia†	29.98	0.00
Alimentación*	96.44	0.00	Acicalamiento†	6.74	0.006
Rumia*	64.15	0.00	Vocalizaciones bajas†	43.41	0.00
Episodios descanso†	11.83	0.001	Vocalizaciones altas†	2.45	0.13
Episodios alimentación†	19.88	0.00			

### 3.3 Repetibilidad en las conductas de mantenimiento

Al realizar el análisis de las conductas, sólo se obtuvo repetibilidad en los episodios de descanso (Figura 4) y rumia durante las diferentes etapas observadas.



Figura 4.- Vaca descansando junto a su cría

No existió evidencia de diferencias interindividuales estables durante las etapas de parto, parto, postparto y separación de la cría al permanecer descansando y mantenerse de pie (ambos con rumia y sin rumia) (Correlación intraclase:  $R = -0.008$ , IC 95% = [-.211, .383],  $P = .497$ ;  $R = -.056$ , IC 95% = [-.162, .220],  $P = .695$  respectivamente), sin embargo, los episodios de descanso sí presentaron repetibilidad (Cuadro 7).

Durante el análisis de repetibilidad en la proporción tiempo en la alimentación, se quitó la etapa de parto ya que ninguna de las vacas se alimentó. No se encontró repetibilidad en la conducta ( $R = .021$ , IC 95% = [-.029, .173],  $P = .248$ ) al igual que en los episodios de alimentación ( $R = .008$ , IC 95% = [-.099, .276],  $P = .436$ ).

La proporción de tiempo en la conducta de rumia no presentó diferencias interindividuales estables en las diferentes etapas ( $R = -.093$ , IC = 95% = [-.226, .228],  $P = .752$ ), por el contrario, los episodios de rumia presentaron una repetibilidad (Cuadro 7).

El acicalamiento en las vacas tampoco presentó repetibilidad interindividual ( $R = .028$ , IC 95% = [-.086, .309],  $P = .335$ ), de igual manera las vocalizaciones altas y bajas en las diferentes etapas tampoco mostraron repetibilidad ( $R = -.085$ , IC 95% = [-.232, .256],  $P = .717$ ;  $R = .016$ , IC 95% = [-.025, .147],  $P = .269$  respectivamente).

Cuadro 7.- Repetibilidad entre las frecuencias / h para los eventos conductuales.

Variable	R	Intervalo de confianza 95%		Prueba F			
		Límite inferior	Límite superior	Valor	gl 1	gl 2	P
Episodios de descanso	0.296	-.066	.692	2.26	10	20	0.05
Episodios de rumia	0.393	.020	.751	2.94	10	20	0.01

R.- índice de coeficiente de correlación intraclase

3.4 Repetibilidad de los valores individuales de cortisol plasmático para las vacas en las etapas de parto, parto y separación de la cría.

Los resultados de los valores de cortisol en plasma por vaca se observan en el cuadro 8, cada fila representa el valor en las 3 etapas de cada vaca. En total de muestras que se procesaron fue de 21 muestras debido a una falla eléctrica del congelador.

Cuadro 8.- Valores de cortisol plasmático (ng/ml).

ID	Preparto	Parto	Separación de la cría
1	14.82	47.75	30.77
2	13.19	42.76	30.82
5	20.61	30.32	41.07
8	12.98	34.57	25.31
11	25.73	36.74	44.15
12	9.49	35.54	44.04
13	25.31	44.04	12.30

El estadístico descriptivo mostró la media y desviación estándar en cada etapa para la concentración del cortisol plasmático en parto fue  $17.44 \pm 6.43$ , del parto  $38.81 \pm 6.16$  y para la separación de la cría  $32.63 \pm 11.60$ . Como era de esperarse, los valores fueron bajos durante el parto y altos durante el parto y separación.

Así mismo existió diferencia significativa medida a través del ANOVA de un factor con una  $F = 11.86$  y  $P = 0.001$ . Las diferencias en el posthoc de Bonferroni arrojaron que existió una diferencia entre la etapa de parto y parto, parto y separación, no así durante el parto y la separación de la cría ( $-21.37000 \pm 4.51$ ,  $-15.19000 \pm 4.51$  y  $6.18000 \pm 4.51$  respectivamente).

En cuanto a la repetibilidad del cortisol plasmático en las etapas de parto, parto y separación de la cría no mostró diferencias interindividuales estables ( $R = -.244$ ,  $IC\ 95\% = [-.422, .287]$ ,  $P = .86$ ).

## 4 Discusión

Las respuestas conductuales son un equilibrio entre plasticidad y consistencia de manera que cada conducta se inclina más hacia una u otra característica dependiendo de los costos que le genere al animal. Una reacción consistente de los animales en diferentes situaciones indica la presencia de individualidad (Dall y col., 2004; Briffa y col., 2008). Esta individualidad puede verse afectada por los procesos fisiológicos cambiantes en la producción de vacas lecheras por lo que es de gran interés su estudio.

El presente trabajo demostró que las vacas muestran una consistencia en los episodios de descanso y episodios de rumia (Cuadro 7) dentro del comportamiento individual durante el periodo de transición.

El descanso es una actividad importante para el ganado y estudios previos han demostrado que esta conducta en las vacas es consistente en duración y frecuencia a nivel individual (Koolhaas y Van Reenen, 2016; Cortés y col., 2018) convirtiéndose en una prioridad para las vacas (Müller y Schrader, 2005b) inclusive por encima de la alimentación (Munksgaard y col., 2005). La privación del descanso provoca un aumento de la concentración de cortisol (Fisher y col., 2002) y las motiva a descansar todavía más después de 4 horas de privación (Norrington y Valros, 2016).

4.1 Análisis descriptivo y ANOVA de las diferentes conductas en las etapas de transición.

Se encontraron diferencias significativas en las conductas excepto en las vocalizaciones altas. Durante la separación de la cría, las vacas disminuyeron el descanso total, puesto que este evento logra inquietar a las vacas tras permanecer con la cría por 24 horas. Lo reportado por Flower y Weary (2001), concuerda en parte con lo encontrado en el presente estudio, puesto que ellos mencionan que la separación después de 2 semanas se observan mayor movimiento por parte de las vacas que a las 24 horas.

Durante el parto no se presentó la conducta de alimentación. Esta conducta disminuyó en mayor proporción durante las 24 horas postparto debido al cuidado de la cría (von Keyserlingk y Weary, 2007) y en menor proporción durante la separación, en comparación con el preparto. Los episodios de descanso presentaron el mismo patrón disminuyó la frecuencia durante el parto y después en la separación.

La rumia en la etapa de parto se disminuyó significativamente, aunque las vacas 11 y 12 continuaron realizándola. Estos resultados concuerdan con Pahl y col. (2014) que estudiaron la rumia 24 horas antes y después del parto, obteniendo una disminución en la rumia durante el parto y después del mismo.

El acicalamiento durante el periodo de transición se observó con mayor frecuencia durante el postparto seguido del preparto, durante el parto y finalmente tras la separación de la cría, lo que puede deberse a la incomodidad de las contracciones antes del parto (von Keyserlingk y Weary, 2007) y el puerperio donde se siguen presentando contracciones uterinas para la involución del útero (Galina y Valencia, 2012).

Durante la etapa del postparto las vocalizaciones bajas aumentan de manera significativa puesto que está involucrado el reconocimiento madre-cría (Watts y Stookey, 2000). Las vocalizaciones altas no tuvieron diferencias entre el preparto, parto, postparto y separación de la cría, sin embargo, sí existió una mayor cantidad de vocalizaciones en el parto, sobre todo en las vacas 1 y 11, la vaca 11 presentó distocia, lo cual pudo provocar dolor teniendo como consecuencia las vocalizaciones, no así en la vaca 1.

Durante la separación de la cría no se presentó un aumento en las frecuencias de vocalizaciones altas, pero sí en las vocalizaciones bajas. En bovinos de leche se ha observado un incremento en las vocalizaciones después de la separación a las 24 horas, sin embargo tras dos semanas de estar juntas la madre incrementa los llamados a su cría aún más (Flower y Weary, 2001). Esto concuerda con los resultados del presente estudio en cierto grado, puesto que ellos no especifican entre vocalizaciones bajas y altas. En bovinos de carne Ungerfeld y col. (2011) mencionan que se observa este aumento en los llamados tras la separación y es

más fuerte en hembras multíparas, lo que concuerda con nuestros resultados en cuanto a las vocalizaciones bajas.

#### 4.2 Repetibilidad en los episodios de descanso y rumia

Los resultados de la repetibilidad fueron bajos según la escala utilizada por Koo y Li (2016), sin embargo se ha demostrado que esta repetibilidad suele ser baja de manera general en los estudios de comportamiento (Bell y col., 2009; Wolak y col., 2012). Esto es porque la individualidad depende de diversos factores como la edad, el sexo y las diferentes condiciones ambientales que tienen los individuos, además de las conductas a evaluar (Bell y col., 2009).

La repetibilidad en los episodios de descanso es baja ( $R = 0.296$ , IC 95% = [-.066, .692],  $P = 0.05$ ) según la escala propuesta. Sin embargo, dado que en los estudios de comportamiento se tienen valores bajos, podemos inferir que las vacas se encontraron motivadas para descansar en las cuatro etapas.

El promedio de repetibilidad en los estudios de comportamiento es de 0.37 siendo las conductas más repetibles la selección de hábitat, agresiones y apareamiento, además también se conoce que las hembras tienden a tener conductas menos repetibles en comparación con los machos (Bell y col., 2009), por ejemplo en el cuidado materno, la conducta de las hembras tiende a ser más plástica por las necesidades de la cría, lo que también es un factor a tomar en cuenta del porqué los resultados tan bajos.

A pesar de tener una repetibilidad en los episodios de descanso, la duración de la conducta no tuvo una repetibilidad significativa lo que puede deberse a los cambios conductuales que giran alrededor de la cría (von Keyserlingk y Weary, 2007).

Las primeras horas después del parto, el descanso en las vacas disminuye (Jensen, 2011), una de las causas que se menciona es la producción de leche (Bruckmaier y Gross, 2017). Esta producción genera una hinchazón de la ubre lo que provoca que las vacas altas

productoras no estén cómodas al echarse (Steensels y col., 2012), además de pasar más tiempo en el comedero que echadas en comparación con las bajas productoras (Fregonesi y Leaver, 2001)..

La conducta de descanso tiende a ser constante en diferentes situaciones ambientales y a través del tiempo, (Cortés y col., 2018) . En el presente estudio se encontró la consistencia en los episodios de descanso lo que concuerda con el estudio anterior, a pesar de la diferencia del estudio, puesto que se restringieron cubículos destinados al descanso.

El descanso, la alimentación y la rumia están relacionadas ya que la ingesta de alimento provoca el llenado del rumen lo que hace presente la conducta de rumia. Por otro lado la rumia y el descanso presentan una asociación positiva, lo que explicaría porque la rumia se observa con mayor intensidad en la noche que es cuando las vacas tienden a permanecer echadas (Schirmann y col., 2012). Y también explicaría por qué los episodios de ambas conductas fueron constantes.

La repetibilidad en los episodios de descanso ( $R = 0,46$ ,  $P = 0.05$ ) entre las 24 horas antes del parto, durante el parto, 24 horas después del parto y a la separación de la cría, probablemente se deben al tiempo de observación ya que en el parto la observación fue por un tiempo corto hasta el nacimiento y a la separación de la cría que fue por una hora. La mayoría de los estudios se basan en la observación de 3 semanas antes y semanas después del parto, lo que deja un vacío en las primeras horas en cuanto al comportamiento individual y su consistencia. Por ejemplo, se ha observado repetibilidad moderada en la duración de la conducta de parada ( $R = 0.73$ ,  $P < 0.001$ ) y en los episodios de la misma pero esta última no significativa ( $R = 0.20$ ,  $P > 0.1$ ) en un estudio donde las observaciones se realizaron de manera continua diez días antes y diez días después del parto (Huzzey y col., 2005). La diferencia de la repetibilidad en las variables entre los episodios de descanso y los episodios de pie puede deberse a la continuidad de las observaciones de Huzzey y col. (2005).

Otro factor por considerar en la consistencia de los episodios de descanso es la paridad de las vacas. Las vacas primíparas tienen mayores episodios y exploran más su entorno en comparación con las multíparas (Neave y col., 2017) lo que pudo afectar los resultados de

Huzzey y col. (2005) e influyó en que no se encontrará una repetibilidad en la conducta de parada en el presente estudio.

#### 4.3 Repetibilidad en los episodios de rumia

La conducta de rumia describe el tiempo empleado en rumiar el alimento ingerido previamente y consiste en la regurgitación, resalivación, remasticación y recuperación de los bolos. Las vacas realizan esta actividad en mayor proporción por la noche en comparación con el día (Schirrmann y col., 2012).

La rumia puede verse afectada por las características físicas y químicas de la dieta, el manejo de la alimentación, la producción de leche, por la propia vaca en cuestión de cambios de comportamiento debido a el parto (Beauchemin, 2018), por la salud del individuo en el periodo de transición (Schirrmann y col., 2016) y con la estación del año (Soriani y col., 2013). Como se ha mencionado esta conducta es plástica tanto en ovejas como en bovinos lecheros (Moquin y col., 2010; Cortés y col., 2018), sin embargo en el presente estudio se encontró una consistencia en los episodios de rumia ( $R = 0.393$ ,  $P = 0.01$ ) no así en la duración total de la conducta, lo que puede deberse a la consistencia en los episodios de descanso, ya que la rumia se modifica de acuerdo al tiempo de descanso de los animales (Gregorini y col., 2013), es decir la conducta de rumia se presenta en mayor proporción cuando los animales se encuentran tranquilos y descansando (Schirrmann y col., 2012).

Otra posible explicación sobre la diferencia de la consistencia encontrada en la conducta de rumia y la plasticidad en los otros estudios es el medio ambiente de los individuos. Por ejemplo, Moquin y col. (2010) realizaron las observaciones de los animales en vida libre, y Cortés y col. (2018) lo realizaron bajo diferentes tratamientos de restricción de cubículos.

Dentro de las 24 horas preparto la rumia se detiene aproximadamente 2 horas antes del parto y se reinicia aproximadamente a las 6 horas después del parto (Pahl y col., 2014), esto

concuenda con nuestros resultados donde los episodios 24 horas antes fueron de  $10 \pm 1.19$  (media  $\pm$  error estándar), como el comportamiento individual depende estrictamente de cada individuo, durante el parto dos vacas continuaron con la rumia  $0.18 \pm 0.12$ , en las 24 horas postparto los episodios fueron de  $5 \pm 1.57$  y tras la separación de la cría fueron de  $0.45 \pm 0.28$ . La disminución en la rumia se atribuye a que después del parto la hembra inicia el cuidado de la cría sobre todo en la primera hora (Jensen, 2012).

No se encontró repetibilidad en la conducta de alimentación ( $R = .021$ , IC 95% = [-.029, .173],  $P = .248$ ) a diferencia de otro estudio que reportó una consistencia baja en esta conducta ( $R = 0.17$ ,  $P = 0.02$ ) (Huzzey y col., 2005). La diferencia entre ambos estudios radica en el tiempo de observación y al comportamiento materno. Dado que el comportamiento materno es más intenso en las primeras horas, las vacas disminuyen su alimentación hasta por una semana (Neave y col., (2017)). En el presente estudio las observaciones postparto se realizaron 24 horas seguidas con la presencia de la cría y en el otro estudio las observaciones fueron por 10 días postparto sin tomar en cuenta el día del parto y no se tenía a la cría con la madre. El cuidado de la cría en las primeras 24 horas postparto puede provocar que la conducta de alimentación tienda a ser más plástica, donde los animales tienen que adaptarse en respuesta a las condiciones ambientales.

Esto se demostró en un estudio de disponibilidad de cubículos (Cortés y col., 2018), debido a los cambios en la disponibilidad la alimentación tendió a balancearse entre la consistencia y la plasticidad.

#### 4.4 Medición del cortisol plasmático en las etapas de parto, parto y separación de la cría.

Los cambios en el ambiente o un estímulo pueden significar un estrés para un individuo pero no necesariamente para otro, lo que depende de la capacidad adaptativa de cada uno (Koolhaas y col., 2011). Esta adaptación individual depende de la genética, la plasticidad en la ecología y biología evolutiva de una especie (Stamps y Groothuis, 2010b). La presentación

del estrés depende del control y predictibilidad del entorno además de la intensidad, la duración del estímulo estresante, la edad, sexo, estatus social y la experiencia que tenga el individuo (Koolhaas y col., 2011; Ebner y Singewald, 2017).

Por sí mismo, el periodo de transición es un factor estresante para las vacas ya que la producción de leche requiere grandes cantidades de carbohidratos para la síntesis de lactosa desviándose casi toda la glucosa disponible para este propósito, además se presenta movilización de lípidos para la obtención de energía. Cuando la vaca no puede equilibrar estos cambios se presentan problemas metabólicos que pueden afectar la salud de la vaca provocando el llamado estrés metabólico (Sordillo y Raphael, 2013).

Los valores de la concentración plasmática del cortisol como era de esperarse fueron bajos en la etapa de parto tal como lo describen Tallo-Parra y col. (2018) en vacas gestantes que presentaron  $4.41 \pm 1.32$  ng/ml de cortisol en pelo. Aunque nuestros resultados arrojaron una mayor concentración de cortisol, lo es debido a la proximidad del parto.

El cortisol basal (2-4 ng/ml) se incrementa dos días antes del parto significativamente (Patel y col., 1996), lo que concuerda con nuestros resultados a las 24 horas parto ( $17.44 \pm 6.43$  ng/ml, media  $\pm$  error estándar). Al parto el incremento es aún mayor llegando a  $38.81 \pm 6.16$  ng/ml en el presente estudio concordando también con Patel y col. (1996) que el día del parto se incrementa significativamente el cortisol..

Durante el postparto el cortisol disminuye rápidamente (Patel y col., 1996), sin embargo en el presente estudio no se analizó ese dato, sólo la separación de la cría que por sí sola es una situación estresante para las vacas por lo que no encontramos esta disminución ( $32.63 \pm 11.60$  ng/ml).

Por otro lado Hopster y col. (1995) no encontró diferencias 15 minutos antes y después de la separación de la cría a los 3 días postparto en vacas multíparas. La diferencia en los resultados puede ser debido a que después de los 3 días el cortisol sanguíneo ya se encuentra en niveles basales lo que pudo haber provocado que el cortisol no se incrementara, aunado a esto el comportamiento materno pudo haber disminuido a los 3 días.

Los valores del cortisol plasmático al parto y a la separación de la cría no presentaron diferencia significativa por lo que está claro que el parto es un evento que provoca un incremento en el cortisol y la separación a las 24 horas es un evento de igual magnitud para las vacas.

Los resultados en la medición del cortisol sanguíneo en las etapas de parto, parto y separación de la cría no mostraron diferencias interindividuales estables ( $R = -.244$ , IC 95% =  $[-.422, .287]$ ,  $P = .86$ ). Esto puede ser porque durante el periodo de parto hay un incremento del estrés en la vaca por los cambios hormonales y metabólicos debido a un balance energético negativo, escasez de proteínas, minerales y vitaminas asociadas a las demandas del feto, así como al inicio de la lactancia (Anthony y Mordak, 2015).

Por lo tanto, estos resultados no dejan en claro si las diferencias en la presentación de cortisol plasmático son una causa o consecuencia de la individualidad, sin embargo, existe una asociación entre los dos (Koolhaas y col., 2010).

#### 4.5 Repetibilidad en el comportamiento individual y sus implicaciones

Los cambios metabólicos que se presentan en la vaca durante el periodo de transición pueden provocar un deterioro en la salud de los animales (Lacasse y col., 2017) sobre todo en aquellos que no pueden afrontar su medio ambiente (Koolhaas y col., 2011).

Este estrés metabólico activa el eje HPA resultando en un aumento de corticosteroides a nivel sanguíneo, como resultado del aumento del cortisol disminuye la proliferación de linfocitos y sus funciones. Se presenta una disminución de la fagocitosis por los neutrófilos, decrece la habilidad citotóxica de los linfocitos y en el comportamiento se observa disminución en el reconocimiento materno (Anthony y Mordak, 2015).

Estos cambios a nivel inmunológico repercuten en el estado de salud de la vaca. La consistencia en el descanso es de gran relevancia ya que las vacas que descansaron menos pueden estar propensas a desarrollar lesiones como cojeras (Galindo y col., 2000; Ito y col.,

2010) lo que también se pudo presentar por el tipo de suelo. El descanso es un factor importante para detectar enfermedades como Cetosis (Itle y col., 2015) y mastitis (Medrano-Galarza y col., 2012) ya que al observar cambios en esta conducta podrían detectarse de manera temprana.

La hipótesis del presente trabajo fue que la duración del descanso como conducta de mantenimiento tendría una repetibilidad dentro del periodo de transición como lo indican Cortés y col. (2018), sin embargo, no se encontró esto pero sí en los episodios de descanso. Lo que probablemente fue debido a los cambios del comportamiento individual que se ve afectado por el comportamiento materno (von Keyserlingk y Weary, 2007).

Los resultados sugieren que existe un grado de plasticidad en el descanso, dependiendo del costo-beneficio (Komers, 1997) lo que puede ser explicado por los beneficios que conlleva el cuidado de la cría para su sobrevivencia.

Asimismo, la duración de la conducta de rumia es plástica en rumiantes (Moquin y col., 2010; Cortés y col., 2018) que se ajusta dependiendo de las necesidades del individuo.

La plasticidad de la rumia es de gran importancia puesto que de esta conducta depende la digestión además de que conjuntamente con la salivación se amortigua la fermentación del rumen evitando la acidosis ruminal; la rumia depende de la calidad del alimento, tiempo de pastoreo, frecuencia de alimentación, la edad y la raza (Gregorini y col., 2013).

La rumia se considera un factor importante para medir el bienestar en las vacas (Krawczel y Grant, 2009). Esta medición se realiza con diferentes indicadores y uno de ellos es directamente en el animal. Se miden indicadores fisiológicos y de comportamientos entre otros (Broom, 2008), el estudio del comportamiento podría ayudar a la detección temprana de algunas enfermedades (Von Keyserlingk y col., 2009). Un ejemplo de esto es la observación de las conductas de rumia y alimentación que en conjunto pueden auxiliar en la detección de enfermedades (Schirmann y col., 2016), ya que se ha demostrado que están relacionadas con la presentación de metritis (Patbandha y col., 2012) y cetosis subclínica (Goldhawk y col., 2009; Kaufman y col., 2016).

Las diferencias conductuales entre el preparto, parto, postparto y separación de la cría concuerdan en gran medida con la literatura sin embargo existieron diferencias debido a los diferentes diseños experimentales. En el presente estudio se observaron cambios conductuales de la vaca inmediatamente después de la separación lo que se tiene que tomar en cuenta para futuras investigaciones

## **CAPÍTULO 4.- Repetibilidad entre el comportamiento individual de vacas lecheras Holstein en el parto con el del reingreso al corral de producción.**

### **1 Introducción**

1.1 Efectos sobre el comportamiento tras el reagrupamiento de las vacas lecheras en la unidad de producción

Reagrupar a las vacas lecheras en los sistemas intensivos es una práctica común, dependiendo del nivel de producción. Estos cambios se realizan sin tomar en cuenta si son primerizas o multíparas, lo que modifica el bienestar de los animales y la producción.

Los reagrupamientos tienen algunos efectos negativos en cuanto a la pérdida de la jerarquía (Raussi y col., 2005) lo que provoca que se reestablezcan las relaciones sociales por medio de interacciones físicas, observando conductas agresivas y sumisas (Silva y col., 2013a). En cabras, el reagrupamiento provoca mayores encuentros agonísticos lo que conlleva a una disminución en la producción de leche (Fernández y col., 2007), en cerdos la mezcla de animales de diferentes camadas que son colocados dependiendo de la etapa de crecimiento o al transportarlos antes de la matanza provoca agresiones dejando lesiones en los animales y disminuyendo su bienestar, lo que a su vez provoca cambios en la calidad de la carne (D'Eath y col., 2010) teniendo como consecuencia pérdidas económicas.

Las agresiones en el reagrupamiento suelen aumentar cuando los animales han sido separados de su grupo como lo reportan Castro y col. (2012), cuando separó ganado Herens de 0.5 a 3.5 días encontrando mayores encuentros agonísticos en los animales con mayor tiempo de separación.

Los cambios súbitos de manejo empiezan cuando las vaquillas llegan a una nueva granja, donde son agrupadas con individuos totalmente desconocidos para ellas, lo que resulta en un aumento de las agresiones y estrés sobre todo en las vacas de menor rango social

(Bøe y Færevik, 2003), además debido a esto se modifica la alimentación de las primíparas (Phillips y Rind, 2001) .

En novillos sucede lo mismo, por lo que algunos de ellos tienden a retrasarse en cuanto a la ganancia de peso (Gupta y col., 2005). Esto podría compensarse según Bach y col. (2006), en vacas que se retrasaron en peso si son reagrupadas posteriormente con animales más jóvenes y con menos peso incrementan rápidamente. De manera inversa el reagrupar vaquillas con vacas provoca efectos adversos en las primeras, como lo mencionan Chapinal y col. (2014), donde se realizó el secado de los animales de manera abrupta y se reagruparon observándose que las más afectadas por el manejo fueron las vaquillas ya que descansaron menos que las vacas multíparas.

El aloacicalamiento es muy importante en las conductas afiliativas en el ganado bovino sin embargo, se ha reportado una disminución de este durante el primer día del reagrupamiento (von Keyserlingk y col., 2008).

Por otro lado, novillos expuestos a reagrupamientos presentaron cambios en las variables fisiológicas como incremento en el cortisol plasmático, albumina y urea, pero también se reporta que los constantes cambios provoca que los animales se habitúen a éstos (Gupta y col., 2005). Un estudio posterior demostró que los novillos se van habituando al constante reagrupamiento durante el 1er y 2do reagrupamiento y durante el 3er reagrupamiento se observa una completa adaptación sin alteraciones en su rendimiento (Gupta y col., 2008).

## 1.2 Individualidad o estrategias individuales

El estudio de la individualidad se ha incrementado con la intención de comprender como se relaciona con la ontogénesis del individuo (Babu y col., 2004), el bienestar (Napolitano y col., 2005; Koolhaas y Van Reenen, 2016), la producción (Carvalho y col., 2017) y la presentación de enfermedades (Proudfoot y Habing, 2015).

Estudios más completos realizan la diferenciación de individualidad como Müller y Schrader (2005a) que reportan 3 diferentes “personalidades” tras la separación social: sociabilidad, exploración y ansiedad que según ellos están implicados en dos de las cinco dimensiones de los humanos, neuroticismo y extraversión. Otro estudio detallado en vacas lecheras adultas fue realizado con la prueba de objeto novedoso obteniendo dos clasificaciones actividad/exploración y audacia comprobando la existencia de individualidad por medio de la consistencia del comportamiento a través del tiempo y contextos (Foris y col., 2018).

En cabras también se han encontrado diferentes tipos de individualidad Agresivo, afiliativo, pasivo y evasivo de acuerdo a las estrategias sociales (Miranda-de la Lama y col., 2011), morfología , fisiología y habilidades cognitivas (Pascual-Alonso y col., 2013).

### 1.3 Comportamiento, salud y producción animal

En la actualidad los estudios que correlacionan la individualidad y la producción se basan en las clasificaciones de acuerdo a la agresividad o el manejo, por ejemplo las interacciones humano-vaca son de gran importancia para el ganadero ya que Waiblinger y col. (2002) demostraron que cuando los trabajadores tienen actitudes negativas al interactuar con las vacas éstas disminuyen su rendimiento lechero afectando así la producción. Se sabe que los terneros criados de manera individual socializan menos y tienen menos actividades sociales que los animales criados en grupo, lo que es muy importante puesto que la actividad social es un indicador de bienestar, además los animales criados en grupo pasan más tiempo consumiendo alimento sólido (Babu y col., 2004).

Se menciona que las vacas menos nerviosas (vocalizan menos y caminaron menos en una prueba de aislamiento social y de objeto novedoso) producen más leche (Hedlund y Løvlie, 2015), además las vacas más calmadas presentan mayor cantidad de proteína y grasa en la leche, disminuye su intervalo de gestación (Cziszter y col., 2016), presentan mayor ganancia de peso y tienen menor cantidad de cortisol a diferencia de las excitables (Cooke,

2014). En el búfalo de agua se presenta la misma tendencia además de aumentar la cantidad de células somáticas en los animales reactivos (Carvalho y col., 2017).

Para conocer las dimensiones de la individualidad se utiliza de manera regular el Análisis de factores (Mehta y Gosling, 2008) que nos ayuda a identificar variables que están interrelacionadas estadísticamente y que de otra manera podrían pasar desapercibidas. Dependiendo de las conductas que se agrupan en cada factor se les da un nombre, por ejemplo Müller y Schrader (2005a) en su estudio de componentes principales distinguieron tres factores a los que llamaron sociabilidad, exploración y ansiedad.

Existen niveles en las respuestas conductuales de los animales ante diferentes estímulos, por ejemplo la agresividad varía dependiendo del contexto, no es lo mismo en época reproductiva que frente a un depredador (MacKay y Haskell, 2015) por lo que se debe tomar en cuenta en la interpretación del análisis de factores.

#### 1.4 Objetivos específicos

Evaluar la repetibilidad en el comportamiento de mantenimiento de vacas lecheras estabuladas entre el parto y el reingreso al corral de producción con sus conespecíficos tras la separación de la cría.

Identificar si existen estrategias individuales medidas a través de análisis de factores en vacas lecheras estabuladas en el parto y el reingreso al corral de producción

Existen estrategias individuales determinadas por la agresión y su relación con la producción láctea en vacas lecheras estabuladas.

## 1.5 Hipótesis

Tras el reingreso al corral de producción después del parto, las vacas lecheras estabuladas presentan una repetibilidad en el comportamiento de mantenimiento comparado con el preparto.

Las estrategias individuales medidas a través de un análisis de factores son persistentes en diferentes retos ambientales y las estrategias más agresivas se relacionan con la producción láctea.

## 2 Material y métodos

### 2.1 Alojamiento y animales

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Enseñanza Agropecuaria de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM. (19°41´N, 99°11´W). El protocolo del estudio fue revisado y aprobado por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales de Experimentación (CICUAE-FESC, folio C 14-10). 11 vacas lecheras sanas de raza Holstein ( $631 \pm 17$  Kg de peso corporal; media  $\pm$  error estándar) con un rango de edad de 4 a 6 años ( $5.2 \pm 0.1$ ; media  $\pm$  error estándar).

Las vacas fueron alojadas en un corral abierto que contenía dos hileras de 10 cubículos, cada cubículo tenía una base de concreto y cama de arenilla silica que se limpiaban cada 3er día. El corral contaba con techo de lámina y dos lámparas de luz blanca las cuales se encendían durante la noche, con pasillos de cemento (P), un saladero (S), comedero (C) y un bebedero (B) distribuidos de acuerdo a la Figura 5. Se montaron videocámaras (Modelo KC5942-F, Meriva security, Guangzhou, China) con luz infrarroja en cada esquina del corral a cuatro metros de altura. La alimentación se basó en ensilado de maíz, alfalfa achicalada y paca de avena, además de concentrado (una vez al día), y se complementó con concentrado durante las ordeñas (Dairy Roll con 17% de proteína).

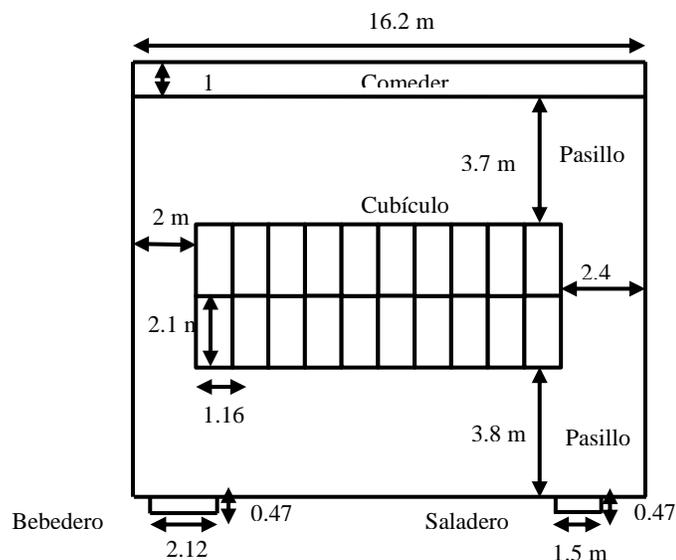


Figura 5.- Diagrama del corral de producción (m= metros).

## 2.2 Observaciones y medición del comportamiento

Se realizaron dos mediciones antes del parto y después del parto para estudiar el efecto del reingreso al corral de producción en el comportamiento individual. Se tomaron en cuenta 24 horas de observación antes del parto y 24 horas al reingreso del paridero al corral de producción después de haber pasado aproximadamente 4 días separadas de sus conespecíficos debido al parto. Las observaciones se llevaron a cabo durante 4 días cada uno en orden aleatorio y consecutivo a todas las vacas. Se observaron diariamente durante periodos de 6 horas.

El primer día de observaciones comenzó a las 08:00 y terminó a las 14:00, en el segundo día se observaron a las vacas de 14:00 a 20:00; este proceso continuó consecutivamente completando un ciclo de 24 horas (Harcourt, 1978). Esto dio como resultado 48 horas de observaciones.

El comportamiento individual se registró mediante observaciones directas por medio de muestreo de barrido cada 10 minutos (Martin y Bateson, 2007). Una vez que se tuvieron todas las observaciones, las variables se expresaron como proporciones, calculadas como número de observaciones por comportamiento / número total de muestreos de barrido. Los episodios de cada variable se registraron como frecuencias. Las conductas sociales se realizaron por medio de muestreos conductuales con un registro continuo, anotando las frecuencias de los eventos (Krohn, 1994; Winckler y col., 2015).

Las variables del comportamiento individual observadas fueron: Descanso (proporción del tiempo de descanso en cubículos, en pasillos y en total), episodios de descanso, alimentación, episodios de alimentación, rumia (proporción del tiempo de rumia echada en cubículo o pasillo, de pie y total), episodios de rumia y locomoción. En cuanto al comportamiento social se tomaron las frecuencias de agresiones totales, agresiones con contacto, agresiones sin contacto, comportamiento afiliativo y evasiones.

Para el análisis de factores se utilizaron las conductas sociales de preparto, donde las vacas tuvieron 20 cubículos disponibles para su descanso. De igual manera se tomó las conductas sociales al reingreso a las 24 horas postparto con 20 cubículos disponibles tras la separación de la cría.

### 2.3 Producción y características fisicoquímicas de leche.

Se tomaron muestras de leche anotándose la producción de manera individual y se observó que tanto cumple de acuerdo a lo establecido por la Norma Oficial Mexicana Leche-

Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba (NOM-155-SCFI-2012).

Se utilizó el MilkoScope Julie c3 (Scope electric® instruments, Bulgarian-German) para las pruebas fisicoquímicas. Las especificaciones de la norma se encuentran en el cuadro 9.

Cuadro 9.- Especificaciones de la leche entera según la NOM-155-SCFI-2012

Especificaciones	Leche entera
Densidad a 15 °C, g/ml	1,029 mínimo
Grasa butírica g/L	30 mínimo
Acidez g/L	1,3 mínimo, 1,7 máximo
Sólidos no grasos	83 mínimo
Punto crioscópico °C (°H)	Entre -0,510 (-0.530) y -0,536 (-0,560)
Lactosa g/L	43 mínimo, 52 máximo



Figura 6.- Vista lateral de la sala de ordeña

## 2.4 Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados utilizando el programa IBM SPSS Statistic 20.0. Los datos para conocer las diferencias del comportamiento de mantenimiento antes del parto y al reingreso al corral de producción después del parto fueron analizados mediante la prueba de Wilcoxon.

Se realizó el índice de coeficiente de correlación intraclase para el comportamiento de mantenimiento entre el estudio 1 A20 y el reingreso al corral de producción tras la separación de la cría. El índice de coeficiente de correlación intraclase es ampliamente utilizado para conocer la repetibilidad de las variables en diseños de medidas repetidas. La repetibilidad por medio de este índice se expresa con el coeficiente R, donde la conducta es más repetible (más variación entre individuos y menos variación intraindividual) tendrá valores más cercanos a 1. El nivel de acuerdo de repetibilidad se decidió siguiendo las pautas de Koo y Li (2016), donde: baja:  $R \leq 0.5$ , moderada:  $R = 0.5-0.74$ , buena:  $R = 0.75-0.8$  y excelente:  $R = 0.8-1$

Una vez obtenidos los datos del reingreso al corral de producción se realizó un análisis de factores con las variables sociales del parto y otro análisis de factores para el estudio de reingreso al corral de producción tras la separación de la cría, los factores se extrajeron utilizando componentes principales tomando en cuenta el índice Kaiser Meyer Olkin y la prueba de esfericidad de Bartlett que se usaron como una medida de alta correlación entre las variables. Los factores seleccionados fueron aquellos que mostraron valores de Eigenvalues mayor de 1. Para obtener una mejor comprensión de los factores, se realizó la rotación ortogonal de varimax y se obtuvieron las puntuaciones de cada vaca para cada factor.

Se realizó una categorización con las puntuaciones de cada vaca de acuerdo a la estrategia, las vacas pasivas tenían el número 1 y las agresivas el número 2. Con estos datos se analizó la repetibilidad entre los dos estudios, por medio del índice de coeficiente de correlación intraclase. Finalmente se realizó una prueba de T, con las categorizaciones de cada vaca con la producción de leche para conocer si existió diferencia en la producción de acuerdo a la estrategia tomada por cada vaca y con las características con las que si cumplieron las muestras de leche.

### 3 Resultados

#### 3.1 Reingreso al corral de producción tras el parto

La repetibilidad en el comportamiento de mantenimiento y social durante el reingreso al corral de producción después de haber sido separada de sus compañeras por aproximadamente 4 días debido al parto, se ve afectada a pesar de regresar con las mismas vacas con las que convivía antes del parto en el mismo corral de producción.

En los cuadros 10 y 11 se muestra las medias y la desviación estándar de las diferentes conductas que se observaron durante el parto y el reingreso al corral de producción.

Cuadro 10.- Proporción\* del tiempo y frecuencias† del comportamiento de mantenimiento durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.

<b>Conducta</b>	<b>Parto</b>	<b>Reingreso</b>
Descanso total*	48.00 ± 4.0	42.09 ± 6.0
Alimentación*	22.90 ± 1.58	29.45 ± 3.93
Locomoción*	1.45 ± 0.52	0.63 ± 0.67
Rumia total*	45.36 ± 3.58	12.45 ± 4.88
Episodios descanso†	6.61 ± 1.46	6.73 ± 1.95
Episodios de alimentación†	8.55 ± 1.5	10.27 ± 1.4
Episodios rumia†	6.73 ± 1.55	6.73 ± 1.73

Media ± desviación estándar.

Cuadro 11.- Frecuencias del comportamiento social durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.

<b>Conducta</b>	<b>Parto</b>	<b>Reingreso</b>
Agresiones totales	29.18 ± 14.05	11.36 ± 6.54
Agresiones con contacto	20.64 ± 9.54	7.55 ± 4.37
Agresiones sin contacto	8.55 ± 4.78	3.82 ± 3.34
Afiliativas	15.45 ± 6.53	8.27 ± 6.50
Evasiones	23.45 ± 8.54	7.73 ± 2.72
Media ± desviación estándar		

### 3.1.1 Diferencias en el comportamiento de mantenimiento durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría

La mayoría de las conductas del comportamiento de mantenimiento se vieron disminuidas cuando las vacas fueron reingresadas al corral de producción con sus compañeras después del parto. Las condiciones del corral fueron las mismas que en el parto. En el cuadro 12 se observa que sí existió diferencia significativa en las conductas individuales tras el reingreso al corral. Por otro lado, la única conducta que incremento en proporción de tiempo de manera significativa al reingreso fue la alimentación (cuadro 10).

Durante el reingreso al corral de producción todas las conductas sociales disminuyeron encontrándose diferencias significativas (Cuadro 13). No se observaron diferencias significativas en las conductas de parada total, descanso en cubículo y pasillo, rumia parada y rumia echada en pasillo.

Cuadro 12.- Prueba de Wilcoxon entre el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría para el comportamiento de mantenimiento.

<b>Conducta</b>	<b>Z</b>	<b>P</b>
Descanso total	-2.09	0.03
Alimentación	-2.94	0.003
Rumia	-2.94	0.003
Episodios de alimentación	-2.58	0.01
Locomoción	-2.16	0.03

Cuadro 13.-Prueba de Wilcoxon entre el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría para el comportamiento social.

<b>Conducta</b>	<b>Z</b>	<b>P</b>
Agresiones totales	-2.94	.003
Agresiones con contacto	-2.94	.003
Agresiones sin contacto	-2.81	.005
Afiliativas	-2.05	.040
Evasivas	-2.93	.003

3.1.2 Repetibilidad del comportamiento en proporciones de tiempo en las conductas de mantenimiento y frecuencias de las conductas sociales entre el parto y el reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.

A pesar de regresar al mismo corral de producción y con sus congéneres, no existió repetibilidad entre las diferentes conductas de mantenimiento (cuadro 14). Cabe señalar que el manejo del corral siempre fue el mismo.

Cuadro 14.- Repetibilidad en las conductas de mantenimiento durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría

Variable	R	Intervalo de confianza 95 %		Prueba F		
		Límite Inferior	Límite superior	Valor	gl	P
Descanso total	-.177	-.683	.445	0.63	10	0.70
Episodios descanso	-.003	-.578	.574	0.90	10	0.50
Alimentación	.205	-.420	.699	1.37	10	0.31
Episodios de alimentación	.483	-.129	.829	2.60	10	0.74
Locomoción	-.325	-.759	.309	0.46	10	0.88
Rumia total	.170	-.450	.679	1.27	10	0.37
Episodios rumia	-.030	-.596	.556	.852	10	0.60

En contraste a esto las conductas del comportamiento social sí presentaron una repetibilidad entre el parto y el reingreso al corral de producción (Cuadro 15).

Cuadro 15.-Repetibilidad en el comportamiento social durante el parto y al reingreso al corral de producción tras la separación de la cría

Variable	R	Intervalo de confianza 95 %		Prueba F		
		Límite Inferior	Límite superior	Valor	gl	P
Agresiones totales	.64	.094	.89	4.49	10	.01
Agresiones con contacto	.42	-.19	.81	2.50	10	.08
Agresiones sin contacto	.81	.44	.94	9.60	10	.00
Afiliativas	-.097	-.64	.51	.82	10	.61
Evasiones	.34	-.29	.77	2.05	10	.13

### 3.2 Análisis de factores para la obtención de la individualidad

3.2.1 Análisis de factores durante el parto y Reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.

Los resultados del análisis de factores para parto y reingreso al corral de producción, se obtuvieron dos factores en cada tratamiento (cuadro 16), se muestran las puntuaciones estimadas para cada individuo dentro de cada uno de los factores (cuadro 17). En estos dos factores se agrupan las variables de comportamiento.

Cuadro 16- Factores obtenidos del preparto y reingreso al corral de producción tras la separación de la cría por medio del Análisis de factores.

Conducta	Preparto		Reingreso	
	Factor 1 (estrategia P)	Factor 2 (estrategia A)	Factor 1 (estrategia P)	Factor 2 (estrategia A)
Recibe agresiones con contacto	<b>.890</b>	-.076	<b>.926</b>	-.196
Recibe agresiones sin contacto	<b>.738</b>	-.458	<b>.717</b>	-.033
Evasión	<b>.779</b>	-.470	<b>.916</b>	-.094
Emisión agresiones con contacto	-.114	<b>.860</b>	-.170	<b>.838</b>
Emisión agresiones sin contacto	-.195	<b>.964</b>	-.465	<b>.767</b>
Recibe afiliativo	<b>.615</b>	.548	-.062	<b>.795</b>
Emisión afiliativa	-.530	<b>.001</b>	.052	<b>.821</b>

Los datos en negritas son las conductas predominantes en cada factor, A = agresivas y P = pasivas.

Cuadro 17.- Puntuaciones de cada vaca para los factores durante el parto y el reingreso al corral de producción tras la separación de la cría.

ID	Parto		Reingreso	
	Factor 1 (estrategia P)	Factor 2 (estrategia A)	Factor 1 (estrategia P)	Factor 2 (estrategia A)
1	.23	<b>1.08</b>	-.09	<b>.33</b>
2	<b>.99</b>	-.14	<b>.97</b>	.25
4	<b>-.10</b>	-.88	<b>.85</b>	-1.24
5	<b>.99</b>	.006	<b>.14</b>	-.56
7	<b>.70</b>	-.18	<b>.52</b>	-.46
8	<b>-.35</b>	-.49	-1.81	<b>-1.25</b>
10	<b>.11</b>	-.82	<b>.10</b>	-.64
11	-1.24	<b>-.44</b>	.49	<b>1.49</b>
12	-1.42	<b>2.26</b>	-1.88	<b>1.52</b>
13	-1.33	<b>-1.12</b>	.96	<b>1.02</b>
14	<b>1.40</b>	.72	<b>-.24</b>	-.46

A: Agresivas, P: Pasivas. Los números en negritas indican hacia que factor se inclina cada una de las vacas

Para interpretar mejor las puntuaciones factoriales de los sujetos se obtuvieron los estadísticos descriptivos de los factores. La media vale 0 y su desviación típica 1, por lo que una puntuación de cero se corresponde con una puntuación factorial igual a la media, las puntuaciones positivas son puntuaciones mayores que la media y las puntuaciones negativas son menores a la media (Cuadro 18).

Cuadro 18.- Análisis descriptivo de los factores obtenidos de cada estudio

Tratamiento	Factor	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Preparto	1 P	-1.42	1.40	0.00	1.00
Preparto	2 A	-1.11	2.26	0.00	1.00
Reingreso	1 A	-1.25	1.50	0.00	1.00
Reingreso	2 P	-1.88	.97	0.00	1.00

Este análisis nos ayuda a determinar que tanto se aleja la puntuación de acuerdo a la media de cada factor en las dos etapas.

➤ **Preparto**

Durante el preparto se obtuvieron dos factores que explican el 72.26% de la varianza. El primer factor explica el 46.57% y se le denominó Pasivas. El factor Pasivas se caracterizó por tener las conductas de recibe agresiones con contacto, recibe agresiones sin contacto, evasión y recibe afiliativo, las vacas que presentan una puntuación alta en este factor fueron receptoras de las conductas agonísticas, ya sea con contacto o sin contacto presentando también mayor frecuencia de evasiones (cuadro 18).

El segundo factor explica 25.68% y contenía tres variables, este factor se llamó Agresivas. Se caracteriza por contener las variables de emisión de agresiones sin y con contacto, además de la variable emisión de afiliativos; las vacas que presentaron mayores puntuaciones (cuadro 18) en este factor realizaban gran cantidad de conductas agonísticas a sus compañeras, pero también emitieron una cantidad alta de conductas afiliativas como lamidos y recargarse en otras.

➤ **Reingreso al corral de producción tras la separación de la cría**

En el estudio de reingreso al corral de producción tras la separación de la cría se obtuvieron dos factores con las conductas sociales. Los dos factores explican el 72.94 % de

la varianza. El primer factor explica el 47.92% y contiene las conductas de emite agresiones con y sin contacto, inicia y recibe conductas afiliativas. El segundo factor explica el 25.02% del total de la varianza y tiene las conductas de recibe agresiones con o sin contacto y evasión.

El primer factor debido a sus características conductuales se denomina “Agresivas”, se caracteriza por contener las variables de emisión de agresiones con y sin contacto, así como emisión de conductas afiliativas y recepción de las mismas.

El segundo factor denominado “Pasivas” se caracteriza por tener las variables de recepción de agresiones sin y con contacto más la variable evasión.

### 3.2.2. Repetibilidad de las puntuaciones de ambos estudios.

Con las puntuaciones se categorizo a cada vaca de acuerdo a la tendencia hacia una u otra estrategia, quedando de la siguiente manera:

Cuadro 19.- Categorización de las vacas de acuerdo a la tendencia de cada estrategia

<b>ID vaca</b>	<b>Preparto</b>	<b>Reingreso</b>
1	2	2
2	1	1
4	1	1
5	1	1
7	1	1
8	1	2
10	1	1
11	2	2
12	2	2
13	2	2
14	1	1

Donde 1 se refiere a la estrategia pasiva y 2 a la estrategia agresiva.

La repetibilidad de la categorización de las puntuaciones fue de  $R = .828$ , IC 95% = [.481 - .950],  $P = 0.00$ . Lo que representa una buena repetibilidad de acuerdo con Koo y Li (2016).

3.3 Producción y calidad de la leche de acuerdo a la NOM -155-SCFI-2012 y prueba T entre individualidad con las características de la leche.

### 3.3.1. Producción y calidad de la leche

La producción diaria de leche por cada una de las vacas se encuentra en el anexo 2.

Como la mayoría de las muestras de leche no cumplieron en su totalidad en lo establecido en la norma mexicana, se decidió utilizar sólo tres características como lo hicieron Juárez-Barrientos y col. 2016. Se utilizaron los resultados de densidad, grasa y sólidos no grasos, con esto sólo se indica si cumple o no (Cuadro 20).

Cuadro 20.- Promedio de las características fisicoquímicas de la leche y si cumple o no con lo especificado por la NOM-155-SCFI-2012.

<b>ID</b>	<b>Densidad g/ml</b>	<b>Proteína g/l</b>	<b>Lactosa g/l</b>	<b>Grasa g/l</b>	<b>Sólidos no grasos g/l</b>	<b>Punto crioscópico °C</b>	<b>Cumple</b>
<b>1</b>	<b>1.480</b>	31.2	46.3	<b>30.34</b>	<b>84.6</b>	-0.530	Si
<b>2</b>	<b>.610</b>	29	43.3	<b>29.02</b>	<b>78.7</b>	-0.480	No
<b>4</b>	<b>.670</b>	27.3	40.5	<b>27.09</b>	<b>72.7</b>	-0.450	No
<b>5</b>	<b>.910</b>	28.4	42.0	<b>27.99</b>	<b>76.9</b>	-0.470	No
<b>7</b>	<b>1.400</b>	28.6	42.5	<b>28.76</b>	<b>77.5</b>	-0.470	No
<b>8</b>	<b>1.730</b>	30.4	45.3	<b>29.34</b>	<b>82.5</b>	-0.520	No
<b>10</b>	<b>.630</b>	29.7	44.3	<b>29.62</b>	<b>80.6</b>	-0.490	No
<b>11</b>	<b>.950</b>	30.3	44.9	<b>29.84</b>	<b>82.1</b>	-0.480	No
<b>12</b>	<b>.550</b>	27.2	40.3	<b>27.08</b>	<b>73.7</b>	-0.450	No
<b>13</b>	<b>1.250</b>	29.9	44.9	<b>29.33</b>	<b>81.3</b>	-0.500	No
<b>14</b>	<b>1.790</b>	31.8	47.3	<b>30.69</b>	<b>86.3</b>	-0.540	Si

Se tomaron en cuenta tres características para señalar que la leche cumple o no con la norma.

Los estadísticos de las características de densidad, grasa y sólidos no grasos de las muestras de leche divididas por estrategias se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 21.- Estadísticos descriptivos de cada estrategia con 3 características de la leche

	Estrategia	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Densidad	Pasivas	7	1.1057	.52357	.19789
	Agresivas	4	1.0575	.40194	.20097
Grasa	Pasivas	7	28.9300	1.15816	.43774
	Agresivas	4	29.1475	1.43869	.71934
Solidos no grasos	Pasivas	7	79.3143	4.35600	1.64641
	Agresivas	4	80.4250	4.69849	2.34925

La prueba T no mostró diferencias entre la calidad de la leche y las dos estrategias mantenidas por las vacas, donde, para densidad, la prueba  $t(9) = .158$ ,  $P > 0.05$ , grasa  $t(9) = -.276$ ,  $P > 0.05$  y sólidos no grasos  $t(9) = -.396$ ,  $P > 0.05$ .

Para concluir, a pesar de obtener una mayor producción de leche en las vacas pasivas (cuadro 22), no existió diferencia significativa de entre las dos estrategias y la cantidad de leche producida, prueba  $t(9) = 1.16$ ,  $P = .274$ .

Cuadro 22.- Estadísticos descriptivos de la producción de leche entre las dos estrategias obtenidas.

	Estrategia	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
Prod_leche	Pasivas	7	15.8771	4.25140	1.60688
	Agresivas	4	13.2500	1.65540	.82770

## 4 Discusión

### 4.1 Diferencias del comportamiento en el parto y reingreso al corral de producción

Diversos estudios demuestran el cambio en el comportamiento individual en vacas y novillos tras el reagrupamiento (Gupta y col., 2008; von Keyserlingk y col., 2008; Chapinal y col., 2014), en alojamientos extraños y con diferentes animales con los que nunca habían tenido contacto. De igual manera sucede con el comportamiento social debido al aumento de las interacciones agonísticas (Bøe y Færevik, 2003; Raussi y col., 2005; Castro y col., 2012) tanto en vacas, vaquillas y terneros debido a la formación de jerarquía.

Otras investigaciones mencionan la presentación de cambios en la inmunidad y cambios hormonales (Gupta y col., 2005; Chebel y col., 2016), lo que es consecuencia de cambios metabólicos debidos al estrés, puesto que los eventos de estrés incrementan la demanda de energía para mantener la homeostasis. Sin embargo Silva y col. (2013a) reportan que en vacas preparturientas el reagrupamiento semanal no afecta los parámetros inmunes o la concentración de anticuerpos, pero sí se presenta un incremento del cortisol, aunque insuficiente para provocar una inmunosupresión.

Durante el reingreso al corral de producción tras el parto se presentó una disminución en las conductas de mantenimiento, el descanso total disminuyó un 12.5 %, la locomoción un 56.5 % y la rumia un 72.5 % en comparación con el parto. Por el contrario, la alimentación aumento un 28 %. Los episodios de alimentación también aumentaron, no así los episodios de rumia y descanso los cuáles no presentaron diferencias significativas.

La disminución en la conducta de descanso se ha observado en algunos estudios donde tanto primíparas como multíparas descansan menos (Chapinal y col., 2014) tras un secado abrupto y reingreso al corral de producción, lo que concuerda parcialmente con los resultados, pero no en la etapa productiva.

Conforme pasan los días del reingreso a un nuevo corral, se va incrementado el tiempo de descanso en primíparas (Miloslav y col., 2012) al igual que en multíparas retomándose el descanso de manera habitual al día siguiente de la reagrupación (von Keyserlingk y col., 2008) ya que ha establecido la jerarquía dentro del corral. Estos resultados concuerdan con lo encontrado en el presente estudio tras el reagrupamiento, aunque en nuestro caso las vacas se reingresaron 24 horas posteriores al parto, pero, estuvieron separadas aproximadamente 4 días y todas fueron multíparas.

En la literatura anterior no se realizó separación de la cría antes de la reagrupación lo que puede influir en el descanso de las vacas. Como las vacas eran multíparas, regresaron al mismo corral con el mismo manejo y compañeras, es posible que la disminución del descanso sea en gran medida debido a la separación de la cría.

Por el contrario la proporción del tiempo de descanso difiere de lo reportado por Schirmann y col. (2011) en vacas multíparas en su periodo seco, ellos observaron a las vacas secas durante el cambio a un nuevo corral y a las vacas que ya se encontraban en ese corral. No encontraron diferencia en el descanso antes y después del reagrupamiento, pero sí existió un cambio en los episodios de la conducta donde se incrementaron de  $7.2 \pm 0.5$ / d antes del reagrupamiento a  $8.2 \pm 0.5$  en el día del reagrupamiento y  $8.3 \pm 0.5$  al día 1.

En el presente estudio los episodios de descanso tras el reagrupamiento no aumentaron, pero sí disminuyó el descanso en la duración, lo contrario de lo reportado por Schirmann y col. 2011, la diferencia pudo ser que las vacas del presente estudio fueron separadas de sus crías, regresaron al mismo corral y con las mismas vacas, donde posiblemente el factor determinante para el cambio de conducta de descanso fue la separación de la cría.

En otro estudio la disminución del descanso en vacas lactantes de primera y segunda lactación se reportó el primer día tras el reingreso a un nuevo corral ( $336.3 \pm 171.1$ , media  $\pm$  desviación estándar) pero el segundo ( $628.0 \pm 181.2$ ) y tercer día ( $756.1 \pm 140.3$ ) se incrementó según lo reportado por Miloslav y col. (2012). Además, los episodios de descanso se incrementaron ( $7.34 \pm 4.54$ ,  $14.07 \pm 4.72$  y  $16.34 \pm 4.41$  durante el primer, segundo y tercer día después del reagrupamiento respectivamente) lo que concuerda con los resultados

obtenidos, donde se observó una disminución en la proporción del descanso y en los episodios de la conducta en las primeras 24 horas.

Debido al reingreso a las 24 horas después del parto se presentó un incremento aproximado de 28% en la conducta de alimentación, se ha documentado un incremento de 1.5 – 2.5 kg/ semana de materia seca al inicio de la lactancia (Kertz y col., 1991) lo que repercute en el descanso debido a que pasan más tiempo de pie. El aumento en la alimentación se debe a la necesidad de nutrientes al inicio de la lactancia (Bruckmaier y Gross, 2017). En el presente estudio el aumento en la proporción del tiempo de la alimentación pudo estar dado también por la separación de la cría lo que provocó una conducta de desplazamiento (Huzzey y col. 2005).

Miloslav y col. (2012) no reporta diferencia estadística en la conducta de alimentación durante 3 días de observación tras el reagrupamiento de vacas lactantes de primera y segunda lactación, a pesar de que se ha reportado que un cambio de corral afecta negativamente la alimentación debido a los cambios en el orden social y el aumento de la conducta competitiva (Raussi y col. 2005; Silva y col. 2013a). El estudio no menciona la edad de las vacas ni la etapa fisiológica de las mismas, es decir, si estaban iniciando la lactación, en mediana o finalizando esta. La diferencia entre el presente estudio y el anterior fue que todas eran multíparas de 4-6 años y las observaciones se realizaron después de la separación de la cría (figura 7).

Por otro lado, Schirmann y col. (2011) reportaron una disminución en el consumo de materia seca en las vacas reagrupadas el primer día, pero en las vacas que ya estaban en el corral no fue así. La incongruencia es debida a la etapa fisiológica de los individuos en cada estudio por la necesidad de cubrir sus requerimientos nutricionales.

El cambio de comportamiento al reingreso al corral de producción después de la separación de la cría es un factor importante para las hembras multíparas lo que provoca un incremento de las vocalizaciones altas y una disminución de la rumia (Ungerfeld y col., 2011). En los resultados obtenidos las vacas ya no lograban escuchar ni ver a sus crías, lo

que disminuyó los efectos de la separación (Rhim, 2013) provocando conductas de desplazamiento hacia la alimentación como lo mencionan Hopster y col. (1995).



Figura 7.- Vacas alimentándose después del reingreso al corral

Las vacas que modifican su comportamiento de manera exacerbada son las que reingresan a un nuevo corral a diferencia de las vacas que están en un corral y reingresan nuevos animales. Lo que parece indicar que el cambio a un ambiente nuevo tiene mayor influencia que el reingreso con animales que jamás habían visto. Esto puede ser del porqué de nuestros resultados, ya que reingresaron al mismo corral y con las mismas compañeras, no se presentó el estrés de un nuevo ambiente al que se refiere el estudio de Schirmann y col. 2011. Posiblemente la vacas se mantuvieron comiendo en lugar de rumiar por las necesidades para mantener la lactancia (Kertz y col., 1991) y por la sustitución de conductas tras la separación de la cría (Hopster y col., 1995).

Con respecto a los episodios de rumia, estos no se vieron disminuidos en el presente estudio lo que contrasta con Miloslav y col. (2012) durante el primer día, pero en nuestro caso puede ser por las mismas necesidades alimenticias y en el caso de los autores pudo deberse al estrés del cambio de corral y de congéneres.

Al mismo tiempo la locomoción disminuyó, lo que puede deberse a la necesidad de alimentarse y que al reingresar con las mismas compañeras las agresiones por el

establecimiento de la jerarquía no se presentaron. No obstante Boyle y col. (2013) reportan que existe un aumento de la locomoción en primíparas mezcladas con multíparas aun recibiendo pocas agresiones, lo contrario reportado por Phillips y Rind (2001) y sustentado por González y col. (2003) donde las primíparas aumentan la locomoción como consecuencia de las agresiones de las vacas multíparas. Sin embargo Boyle y col. (2013) lo atribuyen a que las vacas fueron alojadas con multíparas 3 semanas antes del parto lo que les ayudó a tener mayor confianza por la experiencia social adquirida antes del parto. Por el contrario, otro estudio no encontró diferencia en la locomoción entre hembras de 1 a más partos (Silva y col., 2013b), por lo que la paridad no influyo en los resultados obtenidos en el presente estudio.

Con respecto al comportamiento social disminuyeron todas las conductas tanto afiliativas como agonistas, lo que no concuerda con Castro y col. (2012) ya que ellos reportan un aumento de las conductas agonistas cuando separaron ganado Herens por 0.5 a 3.5 días y después los reingresaron al corral de producción, observando mayores agresiones en los animales que estuvieron separados por más tiempo. De igual manera Fernández y col. (2007) reportan agresiones en cabras tras el reingreso a un nuevo corral. El presente estudio como se ha comentado se realizó con vacas multíparas y siempre fueron las mismas vacas a lo largo del tiempo, sin cambiar de corral, por lo que las agresiones disminuyeron a pesar de estar separadas por aproximadamente 4 días.

Esta disminución en el comportamiento social en todas las variables, refuerza a un más lo reportado por Hopster y col. (1995), donde las hembras multíparas responden medianamente a la separación de la cría, además el reingreso con sus compañeras no las afectó de manera significativa por lo que posiblemente se habituaron a los cambios de corral como los novillos en los estudios de Gupta y col. (2005) y Gupta y col. (2008), ya que la tercera vez que fueron reagrupados se observó una habituación a este manejo.

#### 4.1.1 Repetibilidad del comportamiento de mantenimiento en proporciones de tiempo.

No se encontró repetibilidad en las conductas de mantenimiento, lo que indica que la etapa de producción es de suma importancia para la plasticidad del comportamiento, es decir, si ya tuvieron el parto y se presenta el comportamiento materno. Además, la separación con la cría después de 24 horas con ellas tiene influencia sobre la modificación de la conducta.

No existe a nuestro conocimiento un estudio sobre repetibilidad al reingreso al corral de producción antes del presente estudio con las mismas características de la separación de la cría. Los estudios que se han realizado sólo mencionan los cambios de comportamiento que se presentan por este manejo de reagrupar a las vacas de acuerdo a su producción de leche, las características de estos estudios son diferentes, por ejemplo reagrupan hembras en mediana lactación (von Keyserlingk y col., 2008), primíparas con multíparas y secado abrupto (Chapinal y col., 2014) o en la etapa de parto y secado (Schirmann y col., 2011), entre otros.

Un estudio preliminar en la consistencia en el comportamiento de vacas lecheras en mediana lactación registró el comportamiento en el corral y la respuesta ante pruebas de comportamiento. Evaluaron el descanso, la locomoción e interacciones agonísticas, cada observación se realizó tres veces a intervalos de cuatro semanas. Ellos reportaron que las características individuales consistentes podrían identificarse a partir del comportamiento espontáneo y que tales medidas pueden ser útiles para predecir la capacidad de respuesta ante el estrés y la manera de afrontar el medio ambiente (Schrader, 2002).

Por otro lado Müller y Schrader (2005b) estudiaron la actividad en el corral repitiendo las observaciones 4 veces durante 10 días en cada observación, esto a través de dos lactaciones. Dentro de esta actividad monitorearon la locomoción y el descanso concluyendo que la actividad de las vacas es altamente consistente a través del tiempo lo que nos indica características individuales.

Durante el primer cambio de corral y reingreso a uno nuevo con otras compañeras que pueden ser nulíparas, primíparas o multíparas representa para las vacas un estímulo adverso provocando la activación del eje hpa (Bøe y Færevik, 2003), lo que conlleva a no afrontar la situación y presentar cambios de comportamiento como la disminución del descanso en vacas secas (Chapinal y col., 2014) afectándose la ganancia de peso y producción de leche sobre todo en las primíparas (Phillips y Rind, 2001). La activación del eje hpa que mencionan Bøe y Færevik (2003) pudo ser la causa principal por la que no se encontró consistencia, no por tener nuevas compañeras, sino por la separación de la cría.

Vacas en una etapa de mediana lactación, se comparó 3 días antes y 3 días después del reagrupamiento y se vio afectada la duración de la alimentación durante la primera hora, una disminución en los episodios de descanso el día del reagrupamiento y lo mismo sucedió con la duración del descanso (von Keyserlingk y col., 2008). Esto sucede también en ovejas teniendo como resultado el aumento de la inmunidad celular y la disminución del rendimiento lechero alterándose la calidad de la leche ya que disminuye la proteína y grasa (Sevi y col., 2001). En cabras se reportó disminución de la producción de leche con el aumento de interacciones agonísticas al reagrupamiento (Fernández y col., 2007). Esto concuerda con nuestros resultados en cuanto a la disminución del descanso, pero no en la alimentación ya que se presentó un aumento. La pérdida de la consistencia en el comportamiento en gran medida no es por el reagrupamiento como tal dado que regresaron al mismo corral y con las mismas compañeras, por lo que la separación de la cría tiene el mayor peso en el cambio de comportamiento.

Por otro lado, existió una consistencia en las agresiones sin contacto a diferencia de Fernández y col. (2007) que reportan un aumento de las agresiones con contacto y sin contacto, las diferencias radican en que las vacas regresaron con sus compañeras y no con desconocidos como en el estudio en cabras. Ya se sabe que existe una mayor repetibilidad en las conductas agresivas (Bell y col., 2009) por lo que concuerda con nuestros resultados, cabe señalar que regresaron con sus compañeras y la jerarquía ya estaba establecida lo que pudo ser un factor clave en esta consistencia.

Huzzey y col. (2005) en su estudio durante la etapa de transición tanto en vacas primípara como multíparas indicó consistencia en los episodios de bebida y de ponerse de pie, además mencionan que los episodios de alimentación son más importantes que la duración en la misma conducta. Estos resultados no concuerdan con los del presente estudio ya que no se presentó consistencia en los comportamientos señalados, esto pudo ser que las observaciones fueron 10 días antes del parto y 10 días después, donde ya las vacas regresaron a su conducta habitual después del periodo crítico donde las necesidades alimenticias están aumentadas. Además de mezclar animales primíparas y multíparas.

#### 4.1.2 Repetibilidad del comportamiento social

Las agresiones totales y las agresiones sin contacto presentaron una repetibilidad moderada 0.64 y buena 0.81 respectivamente, lo que podría deberse a que no se perdió la jerarquía a pesar de la separación, esto no concuerda con Raussi y col. (2005) en su estudio con vaquillas. Ellos observaron que no se habitúan al reagrupamiento las primeras veces, pero al séptimo cambio los animales disminuyen la cantidad de interacciones agonistas y se establece la jerarquía rápidamente. La diferencia radica en que la separación no fue tan larga lo que explica la reducción de los efectos negativos ante la separación como lo mencionan Castro y col. (2012), además de que al reingreso las vacas que ya estaban en el corral eran conocidas (Bøe y Færevik, 2003).

Otro factor que posiblemente afectó el comportamiento social fue la separación de la cría, ya que las vacas se mostraron inquietas ante esta situación y no interactuaron con las demás (Flower y Weary, 2003), todo esto a pesar de que las conductas agonistas son consistentes durante la alimentación (Gibbons y col., 2009).

Los resultados obtenidos tienen que ver con la separación de la cría, afectando su comportamiento y su consistencia en las 24 horas tras el reagrupamiento después del parto. Recordemos que el establecimiento de un orden social dentro de un grupo de animales ayuda a formar lazos y mantener una estabilidad (Sato y col., 1993)

## 4.2 Análisis de factores

La búsqueda de la individualidad (personalidad, temperamento) en los animales se ha llevado a cabo mediante el estudio de la consistencia del comportamiento a través del tiempo y de los contextos, en ovejas cimarrón (Réale y col., 2000), bovinos lecheros (Paranhos da Costa y Broom, 2001; Schrader, 2002; Müller y Schrader, 2005a), terneros (Van Reenen y col., 2005), Caballos (Visser y col., 2001), cerdos (Spooler y col., 1996), Visón Americano (Noer y col., 2016), bovinos de carne (Müller y von Keyserlingk, 2006) entre otros. La mayoría de estos estudios se basan en algunas características de la individualidad, por ejemplo, como responden a las pruebas de objetos novedosos (Van Reenen y col., 2005; Foris y col., 2018), la velocidad de huida (Müller y von Keyserlingk, 2006), ante diferentes retos como la separación social (Müller y Schrader, 2005a), ante estrategias sociales (Miranda-de la Lama y col., 2011) y ante la distribución de echaderos (Cortés y col., 2018).

Sin embargo pocos estudios han basado las estrategias individuales en diferentes contextos y en las diferentes etapas productivas que de manera rutinaria se le presentan y que su estudio puede ayudarnos a obtener información sobre la adaptación de los individuos desde el punto de vista evolutivo (Sih y col., 2015).

Müller y Schrader (2005b) encontraron que la actividad rutinaria de las vacas es consistente por lo que puede utilizarse para obtener las diferentes individualidades presentes en estos animales. Esto a pesar de la existencia de la plasticidad del comportamiento que ayuda a la sobrevivencia de los animales cambiando en función de la edad o del tiempo (Stamps y Biro, 2016). Las diferencias constantes entre individuos en combinación con el comportamiento adaptable (plasticidad) explica las diferencias entre individuos (Sih y col., 2015). Como el comportamiento cambia con la edad y al mismo tiempo con la experiencia, la ventaja en el presente estudio es que se realizó en animales adultos donde la individualidad o los rasgos del comportamiento son más estables en comparación con los animales jóvenes (Müller y Schrader, 2005a)

Durante la separación social en vacas se reportó la consistencia de las conductas logrando identificar 3 tipos de individualidad: sociabilidad, exploración y ansiedad (Müller y Schrader, 2005a). Neave y col. (2018) mencionan tres individualidades en terneros lecheros por medio de tres pruebas (ambiente novedoso, contacto humano y objeto novedoso), éstas individualidades son interactiva, exploratoria-activa y vocal-inactiva; por el contrario en vacas lecheras adultas se realizaron pruebas de objeto novedoso y la prueba de arena arrojando que existió consistencia de algunas conductas y se observaron dos características de la individualidad actividad y exploración-audacia (Foris y col., 2018). En ovejas por medio del test de arena se identificaron 5 temperamentos motivación específica-miedo, angustia, actividad y baja motivación específica (McBride y Wolf, 2007). En el estudio de Miranda-de la Lama y col. (2011) reportan 4 tipos de individualidad: agresivas, afiliativas, pasivas y evasivas de acuerdo a características morfológicas, comportamiento social e individual en cabras, por otro lado en un estudio similar Pascual-Alonso y col. (2013) encontraron los mismos perfiles por medio de estrategias sociales, morfología, fisiología y habilidades cognitivas (laberinto). Estos estudios son un preámbulo para identificar las individualidades en diferentes situaciones.

- Obtención de estrategias del estudio de reingreso al corral de producción por medio de análisis de factores

Las vacas Pasivas se caracterizan por recibir agresiones con o sin contacto y evaden frecuentemente a las demás vacas además de recibir conductas afiliativas, dentro de este factor se encuentran las vacas 2, 4, 5, 7, 8, 10 y 14. El descanso total de estas vacas disminuyó ( $37.14 \pm 10.4$ ) al igual que en cubículos ( $28.57 \pm 13.76$ ), sin embargo, el descanso en pasillos fue menor que las vacas del factor agresivo ( $8.57 \pm 11.9$ ).

Las conductas agonísticas en los animales se presentan con mayor frecuencia por competencia hacia los recursos, incrementándose cuando se restringen los espacios disponibles por animal (Fregonesi y col., 2007). Muchas de estas conductas se observan al

competir por el alimento (von Keyserlingk y col., 2008; Gibbons y col., 2009), los espacios de descanso (Winckler y col., 2015), la mezcla entre primíparas y múltiparas (Phillips y Rind, 2001; González y col., 2003) e inclusive durante el manejo de cambio de corral afecta el comportamiento de los animales y como consecuencia la producción (von Keyserlingk y col., 2008). Los animales desplazados por la sobrepoblación descansan menos y se mantienen paradas en los pasillos (Winckler y col., 2015) siendo un factor de riesgo para la presentación de cojeras (Galindo y Broom, 2000). No obstante, de manera individual la vaca 2 no presentó descanso en pasillo a pesar de ser la que recibe más agresiones por contacto, esto implica que para ella el descanso en el cubículo es fundamental y no se convierte en una conducta plástica.

La proporción de tiempo dedicado a la alimentación fue similar entre las vacas pasivas y agresivas, a pesar de esto las pasivas presentaron mayor cantidad de episodios de la conducta debido a que fueron desplazadas. Podemos inferir que estos resultados se encuentran relacionados con el descanso puesto que mientras las otras vacas descansaban, ellas se alimentaban, por otro lado se tiene que tomaren cuenta que es más valiosos la frecuencia de alimentación que la duración según mencionan Huzzey y col. (2005).

Las vacas agresivas se asocian a las conductas de emisión de agresiones con o sin contacto, es decir, las vacas de este grupo agreden más a sus compañeras ya sea por medio de empujones, topeteos, cabezazos o sólo con amenazas. Tienden a descansar más tiempo en los cubículos y menos en pasillos por lo que descansaron en total un promedio mayor que las pasivas, aunque no de manera significativa. La alimentación y la rumia no presentaron diferencias significativas entre las dos individualidades o estrategias. Como las vacas dominantes desplazan más a las sumisas de los lugares de descanso y de alimentación, los resultados obtenidos de las conductas pueden deberse a que logran una mayor ingesta de alimento pero pasan un menor tiempo consumiéndolo como lo mencionan Grant y Albright (1995).

Las individualidades o estrategias encontradas en el presente estudio (agresivas y pasivas) se asemejan a lo reportado por Pascual-Alonso y col. (2013) en cabras. A pesar de esto, ellos mencionan que los animales agresivos pasaron mayor proporción de tiempo

consumiendo alimento lo que no concuerda con los presentes resultados que fue a la inversa, además de tener mayor cantidad de episodios de la conducta. Otro factor significativo para la disminución de la proporción de alimentación en las vacas agresivas puede ser que al salir de la ordeña sean las primeras que tengan la oportunidad de consumir el mejor alimento (Beggs y col., 2018) lo que nos hace pensar que las vacas agresivas optimizan el tiempo dedicado al consumo de alimentos de la mejor calidad (Barroso y col., 2000).

La rumia es una actividad esencial para la obtención de energía (Grant y col., 2015) y las vacas que más tiempo se la pasaron rumiando fueron las agresivas, seguidas de las pasivas aunque sin diferencia significativa, por lo tanto no afectan las estrategias individuales en las vacas para esta actividad. Sin embargo también indica que las primeras presentaron mayor aprovechamiento del alimento lo que puede ser debido también a la asociación del tiempo de descanso con la rumia, que se ha observado que los animales presentan mayor proporción de rumia cuando están en descanso (Schirmann y col., 2012).

Por otro lado, las conductas afiliativas en el presente estudio fueron emitidas con mayor frecuencia por las vacas agresivas y de igual manera son las que más reciben, a pesar de esto no se encontró diferencias significativas entre las dos individualidades.

El aloacicalamiento está fuertemente influenciado por la jerarquía en las vacas (Val-Laillet y col., 2009; Sarova y col., 2016) por ejemplo, cuando aumenta la competencia por los recursos esta conducta disminuye en individuos de bajo rango (principalmente primíparas). Sin embargo, hay estudios contradictorios en cuanto a quienes proveen más conductas afiliativas, en el presente estudio la mayoría de las pasivas presentan un rango social bajo a excepción de las vacas 7 y 14 que tenía un rango medio (Anexo 4). Nuestros resultados concuerdan con Sarova y col. (2016) donde el aloacicalamiento es de acuerdo con la jerarquía y que los animales con mayor rango social proporcionan más conductas afiliativas y también las reciben puesto que al parecer intercambian más lamidos entre ellas. Esto apoya la hipótesis de los autores sobre lo fundamental de las conductas afiliativas para la estabilidad del hato. Finalmente, estas conductas tienden a ser necesarias para los animales, ya que se forman y mantienen lazos entre los individuos (Sato y col., 1993).

Si el factor Pasivas lo comparamos con lo escrito en diversos artículos con búfalos de agua y bovinos de carne de temperamento calmo o menos agresivas deberían de tener las siguientes características: baja ganancia de peso diario, baja conversión alimenticia y condición corporal además de ser más nerviosos (Petherick y col., 2002), con mayores problemas de locomoción y enfermedades respiratorias pero con menos desórdenes digestivos y metabólicos (Neja y col., 2015), mayor producción de leche (Neja y col., 2015; Cziszter y col., 2016), mayor cantidad de grasa y proteína y finalmente bajos índices de gestación (Cziszter y col., 2016). En el presente estudio, los animales no presentaron problemas respiratorios, digestivos, locomotores, pero, si problemas metabólicos después del parto; por otro lado, no se realizaron mediciones de los pesos por lo que no podemos comparar ese parámetro. En cuanto a la producción de leche, esta no tuvo una diferencia significativa con el factor agresivas, además no se obtuvo una mejor calidad de la leche. La diferencia puede ser que en los estudios anteriores no se realizaron tratamientos como tal, sino sólo la observación de los animales en su vida productiva.

➤ Obtención de estrategias del estudio de reingreso al corral de producción por medio de análisis de factores

Tras la obtención de los factores durante el parto, se realizó el análisis con las vacas que sobrevivieron después del parto con las mismas variables (conductas sociales), obteniendo de igual manera dos factores. El primer factor se denominó Pasivo y el segundo Agresivas.

Estos factores se asemejan entre los dos estudios (parto y reingreso al corral de producción), el factor agresivas del tratamiento parto cuenta con las variables de emisión de agresiones con y sin contacto y emisión de conductas afiliativas, en el estudio de Reingreso este mismo factor las mismas variables más la variable de recepción de conductas afiliativas. Por otro lado, el factor Pasivas del parto presenta las variables de recepción de conductas agresivas con y sin contacto, recepción de conductas afiliativas más evasión, este

mismo factor durante el Reingreso no presenta la variable de recepción de conductas afiliativas.

Los factores de Pasivas en ambos estudios presentaron cambios en la conformación de los animales, durante el parto las vacas dentro de este fueron la 2,4,5,7,8,10 y 14. Durante el reingreso la vaca 8 cambio de factor al integrarse al grupo de Agresivas. Por otro lado, las vacas agresivas fueron la 1, 11, 12, 13 y al reingreso se sumó la vaca 8.

El reingreso al corral de producción se realizó después de la separación de la cría tras permanecer 24 horas en el paridero. Este manejo provoca inquietud en las vacas de acuerdo con tiempo que permanecen juntas (Flower y Weary, 2001; Flower y Weary, 2003), si es parcial o completa (Rhim, 2013) o bien los signos de inquietud dependen sí la vaca es múltipara o primípara (Hopster y col., 1995). En el capítulo anterior se demuestra que las vacas sí sufrieron alteración del comportamiento debido a la separación, lo que se tiene que considerar en los resultados.

Debido a la similitud entre los factores de este estudio y el anterior (parto), las proporciones y frecuencias de las conductas también son similares. En cuanto a la proporción de la alimentación se observó que presentaron prácticamente lo mismo, sin tener una diferencia significativa. A pesar de esto las pasivas tuvieron mayor proporción y frecuencia de alimentación.

El descanso es un factor fundamental para el bienestar de las vacas, lo que es interesante ya que los animales pasivos mostraron una mayor proporción de tiempo en los cubículos a diferencia de las agresivas, aunque no de manera significativa. Estos resultados no concuerdan del todo con los artículos mencionados donde utilizan los términos de pasivas y agresivas; sin embargo, esto se debe en parte a los diferentes métodos de la investigación ya que se utilizan animales de distintas edades y partos.

#### 4.2.1 Puntuaciones de las vacas lecheras en cada factor por estudio

##### ➤ Parto

Si bien se conoce que algunos individuos son más agresivos, nerviosos, pasivos o incluso sumisos dependiendo de las situaciones que se les presenten, no se conocen las dimensiones de la individualidad con claridad, es decir que tan agresiva puede ser un individuo ante cierta situación como lo han mencionado en su revisión de literatura MacKay y Haskell (2015). Las puntuaciones de las vacas en cada factor son variadas por lo que podría indicar la presencia de estas dimensiones.

Durante el parto de acuerdo con el análisis descriptivo de los factores, las vacas 2, 5 y 14 estuvieron positivamente a más de una desviación estándar de la media, por lo que estos animales están cercanos a la individualidad de pasivas, recibieron más agresiones con y sin contacto, evadieron más y recibieron conductas afiliativas. En el factor agresivas estuvieron casi en la media de los animales que emiten agresiones con o sin contacto además de emitir conductas afiliativas. Por el contrario, la vaca 12 se alejó más de una desviación estándar de la media, pero de manera negativa, es decir esta vaca es de las que menos cantidad de agresiones recibe con o sin contacto, pero en el factor agresivas presentó una puntuación de una desviación estándar de la media, lo que indica que era de los individuos que más agresiones con o sin contacto emitía a sus compañeras.

Aunado a esto, las vacas 1 y 12 tuvieron puntuaciones de una desviación estándar de la media en el factor agresivas de manera positiva, es decir, presentaron una mayor agresión, cercanas a la media, lo que podríamos inferir en las diferencias de las conductas dependiendo del individuo. De manera negativa las vacas 4, 8, 10 y 13 estuvieron a casi o una desviación estándar, indicando que se alejan de esta individualidad y se acercan más a la individualidad de Pasivas.

Al mismo tiempo la vaca 7 tuvo puntuaciones cercanas a la media en ambos factores, lo que tal vez podría indicar otro tipo de individualidad ya que en el factor Pasivas se encontró

de manera positiva, pero en el Agresivas de manera negativa. Otro caso especial es la vaca 11 que presentó en el factor Pasivas una puntuación negativa cercana a una desviación estándar y en el factor Agresivas una cercanía a la media también de manera negativa.

Estas diferencias de las puntuaciones nos indican que, a pesar de existir la consistencia del comportamiento, la plasticidad desempeña un papel sustancial en las respuestas ante situaciones desafiantes para los animales. Por lo que algunos de ellos pueden presentarse más agresivos o sumisos que otros dependiendo de la ontogenia de cada individuo (Stamps y Biro, 2016) y de los beneficios que puede traer este comportamiento en el entorno habitado (Snell-Rood, 2013).

➤ Reingreso al corral de producción

Durante el reingreso las vacas 11, 12 y 13 estuvieron uno o más desviaciones estándar de la media positivamente dentro del factor agresivas, debido a que emitieron una mayor cantidad de agresiones con y sin contacto hacia sus compañeras. Por otro lado, llama la atención la puntuación dentro del factor pasivas de la vaca 12, ya que se aleja de manera negativa a más de una desviación estándar de la media, es decir se aleja de las conductas que se encuentran en este factor por lo que podemos inferir la vaca presenta en su gran mayoría conductas agonistas.

Las vacas que de manera negativa obtuvieron puntuaciones por arriba de la media fueron las 4 y la 8, lo que implica que se alejan de las conductas del factor agresivas. La vaca 8 también presentó una puntuación negativa de más de una desviación estándar, pero en el factor pasivas, lo que podría ser que se encuentre en otra individualidad que el estudio no obtuvo.

Dentro del factor agresivas las vacas 1 y 2 tuvieron puntuaciones positivas y cercanas a la media, es decir sus conductas agonistas no fueron tan frecuentes, pero sí las realizaban. En cuanto al factor pasivas tuvieron valores negativos, la vaca 1 muy cercana a la media lo que indica también que podría existir otra individualidad, la vaca 2 estuvo a casi una

desviación estándar de la media y mostró una menor cantidad de estas conductas. Los resultados de las vacas 5, 7 y 10 fueron negativos en el grupo agresivas pero cercanas a la media, de igual manera son las puntuaciones en el factor pasivas.

La vaca 14 presentó puntuaciones negativas como la vaca 8 en ambos factores, pero cercanos a la media lo que podría deberse a la presencia de otra individualidad diferente a la vaca 8 que tampoco detectó el presente estudio.

Dentro de los estudios de comportamiento, las respuestas a un mismo desafío no tendrían que ser las mismas entre los individuos, puesto que la plasticidad de hace presente en cada uno de ellos ya que cambia con la edad y el tiempo (Stamps y Biro, 2016) siendo algunas conductas consistentes en la etapa juvenil y adulta. Además, las diferentes estrategias que utilizan para su adaptación al entorno son con base en sus necesidades y requerimientos, esto también lo observaron Miranda-de la Lama y col. (2011) en su estudio con cabras y posteriormente Pascual-Alonso y col. (2013).

La repetibilidad en los diferentes estudios de rasgos morfológicos es alta con una media de ICC = 0.65, mediana 0.68 en comparación con los estudios de medidas fisiológicas y de comportamiento (media de ICC de 0.32, mediana 0.30 y media de ICC de 0.48, mediana 0.48 respectivamente) según lo reportado por Wolak y col. (2012) en su revisión de varios estudios que utilizaron la prueba de índice de correlación intraclase para estimar la repetibilidad.

4.2.2 Repetibilidad de las puntuaciones de cada factor en ambos estudios, parto y reingreso al corral de producción.

Una vez que se tuvieron las puntuaciones para cada vaca en cada factor y estudio (parto y reingreso), la categorización de las vacas quedo de acuerdo al cuadro 19 y con esto se obtuvo una repetibilidad buena ( $R = .828$ , IC 95% = [.481 - .950],  $P = 0.00$ ) según la clasificación de Koo y Li (2016), además de encontrarse más alto que lo reportado por Wolak y col. (2012). Esta diferencia puede deberse a que a nuestro conocimiento no existe otro estudio que compruebe la repetibilidad de las puntuaciones de cada estrategia obtenida y sólo

se observa la repetibilidad en las conducta ante los mismos estímulos como el de objeto novedoso (Foris y col., 2018). Las puntuaciones indican hacia donde se carga más la estrategia tomada por las vacas para sobrellevar su medio ambiente, por lo que su repetibilidad en dos situaciones completamente diferentes en cuanto a la alimentación, necesidades alimenticias y cambios metabólicos es de suma importancia para su investigación. Casi todas las vacas tuvieron esta repetibilidad si vemos el cuadro 19, sin embargo, la vaca 8 es un caso aparte, puesto que al parecer el cambio de estrategia de una situación a otra indica un mayor cambio debido a la plasticidad.

Dentro de los estudios que han reportado estrategias o la individualidad de los animales más completos son los de Pascual-Alonso y col. (2013), Miranda-de la Lama y col. (2011) en cabras y McBride y Wolf (2007) en ovejas. Sin embargo, las puntuaciones obtenidas en cada caso no fueron tomadas en cuenta, además de realizarlo en ciertos estudios y solo en un tiempo determinado a diferencia del presente estudio donde, se realizó en dos etapas diferentes de producción a lo que las vacas se enfrentan de manera rutinaria.

#### 4.3 Correlaciones entre los tipos de individualidades con la producción de leche

##### 4.3.1 Individualidad, producción y calidad de la leche

Los resultados sobre la calidad y producción de leche arrojaron que la mayoría no cumplía con las especificaciones requeridas por la norma NOM-155-SCFI-2012. Al inicio de la lactancia se requieren mayores cantidades de agua y nutrientes como glucosa, aminoácidos y ácidos grasos (Svennersten-Sjaunja y Olsson, 2005). Los cambios en el porcentaje de grasa y proteína se deben a varios factores como el estrés calórico (Smith y col., 2013), el reagrupamiento como en cabras (Fernández y col., 2007), mastitis y problemas en patas (Svennersten-Sjaunja y Olsson, 2005). La falta de cumplimiento en la calidad de la leche pudo ser precisamente la alimentación, durante el experimental se cuidó y compro alimento para las vacas, sin embargo, pasando este tiempo los animales recibieron lo que se

les ofreció en el rancho. Esto pudo provocar que no alcanzaran la calidad determinada por la norma.

No existía un estudio que demostrara la individualidad de las vacas lecheras y su correlación con la producción de leche como tal, por lo que este punto fue uno de los objetivos del presente trabajo. Varios autores se han dado a la tarea de investigar si existe diferencias en cuanto a la producción debido a los manejos de rutina de los establos, por ejemplo en ovejas Sevi y col. (2001) encontraron que al reagrupar a los animales se producía una disminución en el rendimiento lechero ya que la leche contenía menor cantidad de proteína y grasa. Lo mismo sucedía con las cabras cuando se incrementó su comportamiento agonístico (Fernández y col., 2007) y de igual manera con las vacas al reagruparlas, sobre todo durante el primer día (von Keyserlingk y col., 2008).

De acuerdo al estadístico descriptivo de las tres características que se tomaron en cuenta, la grasa y sólidos no grasos se encuentran mayor cantidad en las vacas con estrategia agresiva, pero la densidad es más alta en las pasivas. A pesar de esto la prueba T no mostró diferencias significativas entre ambas estrategias y las características señaladas, lo que no confirma lo señalado por Cziszter y col. (2016), que las vacas más calmadas tienen mayor cantidad de grasa y proteína. En el presente estudio la proteína no cumplió con lo señalado en la norma por lo que no se tomó en cuenta, pero la grasa sí y no fue más alta en las vacas pasivas.

De igual manera los resultados refuta lo señalado por Hedlund y Løvlie (2015) ya que no existió diferencia significativa en la producción de leche; así mismo contradice que las vacas que tienen un comportamiento agresivo consumen mayor cantidad de alimento por lo que producen más leche (Val-Laillet y col., 2008a; Val-Laillet y col., 2008b).

Finalmente podemos inferir que estas incongruencias con los demás autores son debido a la familiaridad con los individuos, ya que no se perdió la jerarquía y con el corral de producción dado que, durante todo el estudio, las vacas no cambiaron de corral como lo harían de manera normal en el manejo del hato.

## DISCUSIÓN GENERAL

Se identificaron diferencias individuales en vacas lecheras Holstein de acuerdo con la consistencia encontrada tras diferentes retos ambientales. Estas diferencias modificaron el comportamiento individual y social. Las individualidades o estrategias encontradas fueron agresiva y pasiva. Los animales pasivos contenían las variables de recibir agresiones con y sin contacto, evasión y recibieron mayor cantidad de conductas afiliativas. Dentro de la agresiva se encontró emite agresiones con y sin contacto y emisión de conductas afiliativas. La producción y calidad de la leche, así como el cortisol no se ven alteradas estadísticamente por las estrategias individuales de los animales.

El presente trabajo incluyó 3 estudios por separado, el primero acerca de la consistencia y plasticidad en las conductas de descanso y rumia bajo diferente disponibilidad de cubículos, el segundo sobre la repetibilidad del comportamiento individual durante el parto, parto, posparto y separación de la cría. El tercer estudio se trató de la repetibilidad del comportamiento individual al reintroducir a las vacas al corral de producción tras el parto. Con estos datos finalmente se realizó un análisis de factores para identificar tipos de individualidad con el tratamiento A20 del estudio 1 y el reingreso al corral. Se encontraron dos tipos de individualidad agresivas y pasivas. De manera general, los individuos que se encontraban dentro de las agresivas en el estudio 1, A20 continuaron en el mismo factor al reingreso como resultado de sus puntuaciones.

Los estudios acerca de la producción, bienestar y de comportamiento animal se han realizado agrupando a los animales, comparó grupos experimentales con controles, donde el conocimiento sobre la individualidad no se daba. Sin embargo, al paso de los años se han preguntado ¿por qué un individuo que supuestamente consume y tiene el mismo entorno que los demás se enferma o presenta un déficit en la producción?

Por las diversas definiciones encontradas en la literatura y descritas en los capítulos anteriores, el presente estudio se refiere a la individualidad como aquel comportamiento que es consistente a través del tiempo y en diferentes contextos.

Las diferencias que se observan entre los individuos son el resultado de una adaptación que tiene como consecuencia estrategias individuales dentro de una población (Jensen, 1995) y estas diferencias contienen dos ejes principales, la consistencia y plasticidad, existiendo un equilibrio de ambas de acuerdo al ambiente (Briffa y col., 2008). Consistencia es la ejecución de conductas similares ante diferentes situaciones y la plasticidad es la capacidad del individuo para adaptar sus conductas a las condiciones ambientales cambiantes (Sih y col., 2004b; Stamps y Groothuis, 2010a). Por ejemplo, en las vacas lecheras se ha observado una consistencia en el descanso en diversos estudios como lo demostraron Hopster (2000), Müller y Schrader (2005b) y recientemente Cortés y col. (2018).

Al evaluar el entorno se incrementan las demandas energéticas, la exposición al riesgo y disminuye la aptitud (Komers, 1997). Un ejemplo de plasticidad es la que demostró Moquin y col. (2010) en el borrego cimarrón de las Montañas Rocosas que tenía una respuesta de rumia altamente plástica a factores externos como la temperatura y el tamaño del grupo, además de las características individuales de acuerdo con la edad, masa corporal y sexo, posteriormente Cortés y col. (2018) en vacas lecheras Holstein encontraron que la rumia se equilibró hacia la plasticidad, a pesar del aumento de la alimentación, lo que probablemente esté relacionado con un comportamiento de desplazamiento debido a la incapacidad de las vacas para echarse ante la disponibilidad de cubículos, ya que esta plasticidad conductual es una forma común de adaptarse a factores estresantes frecuentes pero leves (Badyaev, 2005).

El objetivo general de la tesis fue identificar estrategias individuales en el comportamiento de mantenimiento, social y materno de bovinos lecheros, expuestos a diferentes retos ambientales, así como valorar su relación con la actividad adrenal y la producción de leche. La hipótesis fue existen estrategias individuales en el comportamiento de vacas lecheras que son consistentes a través del tiempo y bajo diferentes desafíos ambientales. A su vez se relacionan con la actividad adrenal y la producción lechera.

Para que existan las diferentes estrategias (individualidad) se debe encontrar consistencia a través del tiempo y en diferentes situaciones. Se confirmó la existencia de individualidad ante la consistencia observada frente a los retos sociales en el descanso y

rumia durante el primer estudio. Sin embargo, se presentó plasticidad en las conductas de acuerdo con el lugar de descanso y la posición al realizar la rumia. Por otro lado, la alimentación mostró un equilibrio dentro de los diferentes tratamientos. Quedo demostrado que el ambiente cambiante puede provocar que el descanso y rumia tengan una consistencia, pero en los episodios de los mismos. Estos resultados indican que la plasticidad desempeña un papel decisivo en el comportamiento individual.

Estas diferencias en la reducción del descanso total pueden deberse a la etapa productiva en la que estaba la vaca, en el primer estudio se encontraban gestantes y en el segundo se tomó en cuenta las etapas parto, postparto y separación de la cría. El descanso y la rumia que son primordiales para las vacas lecheras (Krohn y Munksgaard, 1993; Grant y col., 2015) tuvieron diferentes circunstancias en cada reto sin embargo, sí presentaron consistencia que también fue reportada por Hopster (2000) tanto en duración y frecuencia.

Las conductas en el estudio de transición se afectaron por el parto y el comportamiento materno, debido a que la vaca mantuvo los episodios de descanso pero no así la duración, esto es porque en el postparto se incrementa la actividad debido al cuidado de la cría (von Keyserlingk y Weary, 2007).

El cuidado de la cría en las primeras horas después del parto (Jensen, 2011) y las necesidades nutricionales de la madre provoca que se la vaca tenga un balance energético negativo que afecta mayormente a individuos vulnerables (Bruckmaier y Gross, 2017) y modifica las conductas de mantenimiento. Además el aumento del tamaño de la ubre provoca que las vacas no estén cómodas al echarse (Steensels y col., 2012) por lo que el descanso disminuye y no es constante.

La alimentación y la rumia están relacionadas ya que la ingesta de alimento provoca el llenado del rumen y posteriormente se presenta la conducta de rumia. Por otro lado, el descanso y la rumia mostraron una relación dado que las vacas tienden a rumiar cuando se encuentran echadas, lo que explicaría por qué la rumia se observa con mayor intensidad en

la noche mientras las vacas permanecen más tiempo echadas (Schirmann y col., 2012). Esta correspondencia influyó en la repetibilidad encontrada en las conductas.

Dentro de las 24 horas postparto la rumia se detiene aproximadamente 2 horas antes del parto y se reinicia alrededor de las 6 horas postparto (Pahl y col., 2014), lo que concuerda con nuestros resultados donde los episodios a las 24 horas antes del parto fueron de  $10 \pm 1.19$  aunque durante el parto dos vacas continuaron con la rumia  $0.18 \pm 0.12$ , en las 24 horas postparto los episodios disminuyeron a  $5 \pm 1.57$  y tras la separación fueron de  $0.45 \pm 0.28$ . La disminución en la rumia se atribuye a que después del parto la hembra inicia el cuidado de la cría sobre todo en la primera hora (Jensen, 2012) dejando también a un lado la alimentación.

Con respecto a la conducta de alimentación no se encontró repetibilidad durante el estudio en la etapa de transición lo que no concuerda con el estudio de restricción de cubículos, donde se encontró un equilibrio entre la plasticidad y la consistencia. En la etapa de transición los cambios fisiológicos de la vaca provocó que esta conducta posiblemente se balanceara hacia la plasticidad, puesto que la alimentación disminuye tanto en visitas al comedero como en duración hasta una semana después del parto (Neave y col., 2017). Asimismo, el cuidado de la cría en las primeras 24 horas postparto provocó que la conducta tienda a ser más plástica, dado que los animales tienen que adaptarse en respuesta a las condiciones ambientales de manera inmediata.

Los resultados de los estudios de restricción de cubículos y en la etapa de transición concuerdan con las observaciones sobre la frecuencia y duración del descanso reportadas por Müller y Schrader (2005b), a pesar de la paridad, semana de lactancia, intensidad de la luz y temperatura ambiente. El descanso presentó consistencia durante el estudio 1 de disponibilidad de cubículos, pero también cierto grado de plasticidad toda vez que disminuyó en el tratamiento A8, aunque la consistencia fue más fuerte cuando se compararon las estimaciones del tamaño del efecto.

A pesar de la consistencia en el descanso ya sea en duración y episodios en los estudios anteriores, durante el estudio del reingreso al corral de producción con sus compañeras, no existió repetibilidad en ninguna de las conductas de mantenimiento.

El periodo de transición tiene una duración aproximada de 3 semanas antes del parto y 3 semanas después (Drackley, 1999), sin embargo hay autores que mencionan que este periodo es de las 2 semanas antes del parto a las 3 semanas después (Urton y col., 2005). Cuando se realizó el reingreso al corral de producción, las vacas estaban en este periodo de transición, ya se tenía el vínculo materno con la cría por medio de lamidos y vocalizaciones bajas (Watts y Stookey, 2000) y por esto se presentaron los cambios de conducta.

Tras la separación, la hembras permanecen de pie más tiempo, aumentan las vocalizaciones y disminuye la rumia (Ungerfeld y col., 2011). Esta parte de la vida del individuo con sus cambios fisiológicos provocó que las conductas expresadas después de la separación fueran reemplazadas por un aumento en la alimentación tal como lo mencionan Hopster y col. (1995). Aunado a esto Pérez-Torres y col. (2016) reportan que en hembras más viejas muestran menores signos de estrés ante esta situación lo que explica el incremento en el consumo de alimento en las vacas. Estos factores probablemente afectaron la consistencia en el comportamiento individual, donde la plasticidad tuvo un rol esencial.

Las agresiones totales y con contacto sí tuvieron repetibilidad antes del parto y al reingreso al corral de producción. En machos se sabe que las conductas sociales son más repetibles (Sih y col., 2004b) y que existe una consistencia durante la alimentación por la competencia del recurso en vacas lecheras (Gibbons y col., 2009). Cabe señalar que, a pesar de esta repetibilidad, las conductas agonísticas en general disminuyeron al reingreso, lo que probablemente se deba a que era un ambiente conocido y las hembras les eran familiar.

Los diferentes estudios de la presente tesis nos han demostrado la consistencia del comportamiento a través de diferentes situaciones y a través del tiempo lo que indica la existencia de individualidad (Stamps y Groothuis, 2010a).

Esta individualidad afecta directamente la presentación de las enfermedades, la calidad y producción de leche y al mismo tiempo el bienestar animal. Las vacas siempre

permanecieron juntas, a excepción del tiempo que se separaron para el parto y con el mismo ambiente social,

Las individualidades o estrategias encontradas fueron Agresivas y Pasivas, estas también se han reportado en cabras (Miranda-de la Lama y col., 2011; Pascual-Alonso y col., 2013) y diversos estudios lo mencionan como un rasgo de temperamento en los animales, un ejemplo de estos son D'Eath y col. (2010), Clark y D'Eath (2013) en cerdos y Gibbons y col. (2009) en vacas, sin embargo estas no son tipos de individualidades puesto que se han observado en ciertos retos o situaciones estresantes para los animales lo que entraría en el concepto de estilos de afrontamiento (Koolhaas y col., 1999) o bien en el de temperamento (Réale y col., 2000).

Las puntuaciones de las vacas para cada factor ya categorizadas mostraron una buena repetibilidad entre ellas de acuerdo al índice de correlación intraclase, encontrándose con un mayor valor dentro de los estudios de conducta reportado por Wolak y col. (2012). Esta repetibilidad es indicativa de la presencia de individualidad o estrategias conductuales.

La individualidad genera que las vacas obtengan los recursos necesarios para su bienestar como son la sombra, los cubículos para descansar, el alimento y el agua. Estas diferencias individuales se ven reflejadas en la conducta social dado que las vacas con mayor rango social en general se agruparon en el perfil de agresivas, las de mediano y bajo rango se encontraron en las pasivas. Sin embargo, este rango no fue contundente en la producción de leche puesto que las vacas del factor pasivas fueron las que mayor producción tuvieron, aunque no existió una diferencia significativa. Estos resultados concuerdan en cierto grado con Hedlund y Løvlie (2015) y Cziszter y col. (2016), ya que el aumento de la producción no fue significativo y tampoco se observó un incremento de proteína y grasa.

Ninguna de las vacas cumplió con la NOM -155-SCFI-2012 por lo que, la prueba de T solo se contrastó con las características de densidad, grasa y sólidos no grasos y la categorización de las puntuaciones. Sin embargo, no se encontró diferencia significativa entre las dos estrategias. Lo mismo se encontró con la producción de leche concordando aún más con los autores antes mencionados.

Val-Laillet y col. (2008b) mencionan que las vacas de un rango social alto emiten más agresiones al alimentarse sobre todo si es alimento fresco por lo que pasan más tiempo en el comedero y producen más leche, en el presente estudio efectivamente las vacas del factor agresivo pasaron más tiempo en el comedero durante la etapa de parto, pero no existió una diferencia significativa con las vacas pasivas. No menciona la edad ni paridad de las vacas, sólo que ya estaban familiarizadas, tal vez esos dos aspectos influyeron en los resultados y la alimentación, la cual era proporcionada por el MVZ encargado. Además, algunos autores mencionan que las vacas pasivas tienden a tener una mayor producción de leche que sí se observó en el presente estudio más no fue así en cuanto a la calidad.

Por otro lado Krawczel y col. (2012) mencionan que tras un aumento de población de 142% no cambia la producción, la cantidad de proteína y de grasa en vacas lecheras Holstein, sin embargo si provoca un incremento en los encuentros agonísticos y disminuye el descanso. Estos resultados se obtuvieron de acuerdo con la densidad de animales comparando así la cantidad de leche. En el presente estudio las comparaciones fueron por análisis de factores y tampoco se encontró diferencia en la producción ni diferencias en la calidad.

En cuanto al cortisol, se ha demostrado su incremento cuando la vaca esta cercana al parto, llegando a su pico máximo el día del parto (Patel y col., 1996), disminuyendo rápidamente el primer día y segundo día (Uetake y col., 2014). Esto concuerda con lo encontrado en el presente estudio en cuanto al parto.

De igual manera se encontró un incremento en el cortisol al momento de la separación de la cría, lo que contradice lo señalado por Hopster y col. (1995) en su estudios con vacas donde la separación la realizó a los 3 días, cuando el cuidado materno ya es menor y el cortisol de manera normal ya había disminuido.

Weary y Chua (2000) realizaron un estudio de separación de la cría a las 6 horas, 1 día y 4 días después del nacimiento, encontrando que las vacas que estuvieron más tiempo con su cría mostraron vocalizaron mucho menos que las vacas con crías de 6 horas. Estos resultados pueden explicar también lo descrito por Hopster y col. (1995). Confirmando

todavía más que la separación se realizó cuando todavía las vacas tenían un cuidado materno considerable.

## CONCLUSIONES

1. Existen diferencias individuales estables de acuerdo al tipo de reto que afrontan las vacas dentro de hato. La plasticidad del comportamiento tiene un papel fundamental para mantener su bienestar.
2. La forma en que se expresan las conductas de descanso y la rumia son consistentes y tienen una relación entre sí.
3. La reintroducción al hato después de estar separadas de sus compañeras, no es un factor que provoque un cambio en las diferentes conductas, sin embargo, esto es si regresan al mismo corral y con las mismas vacas. Esto se ve reflejado por el hecho que son grupos conocidos y se mantiene una jerarquía grupal.
4. El cortisol sanguíneo se ve influenciado por el parto, pero también por la separación de la cría a las 24 horas del nacimiento.
5. La medición de la consistencia del comportamiento bajo diferentes retos ambientales expresadas por los bovinos lecheros estabulados, proveen una medida confiable y eficiente para evaluar diferencias individuales y establecer la existencia de estrategias individuales.
6. Existen estrategias individuales estables dentro de los bovinos lecheros estabulados de acuerdo a su comportamiento de mantenimiento y social que lo ayudan a afrontar su ambiente para mantener un bienestar.
7. La producción y calidad de la leche no se ve afectada estadísticamente por estas estrategias conductuales.

## **Sugerencias de estudios a futuro**

A nuestro conocimiento este es uno de los primeros estudios sistemáticos sobre individualidad en vacas lecheras. Es un primer abordaje y sin duda se requiere de mayores estudios para lograr un conocimiento definitivo sobre este tema.

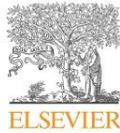
Si bien la conducta individual es importante, se tiene que tomar en cuenta que el comportamiento social influye en cómo reaccionará el individuo. Por lo que será necesario realizar estudios a futuro para identificar la mejor forma en que cada individuo se adapta a grupos sociales, lo que puede ser más relevante todavía a solo estudiar las relaciones de dominancia-subordinación. Este tipo de estudios requieren utilizar modelos estadísticos multivariados, como el análisis de factores que ayuden a evidenciar si existe una diferencia a través del tiempo, para lo cual las puntuaciones serán de gran relevancia, hacia donde se inclinan los animales o bien si entre cada análisis los individuos cambian de factor o es constante.

Por otra parte, dentro y entre cada estudio será necesario tomar las mediciones de las mismas variables, ante diferentes retos ambientales que de manera habitual se les presentan a los individuos. Además, se puede realizar otras pruebas como el test del espejo, separación social o bien ante un nuevo objeto. Dentro de la ontogenia del individuo, se dice que la etapa adulta es la más relevante en cuanto a la consistencia del comportamiento, pero como a través del tiempo se presentan nuevos estímulos y los animales aprenden de ellos sería conveniente realizar más estudios desde que es una becerro, vaquilla y vaca. Estos estudios podrán comparar entre la plasticidad y la consistencia del comportamiento lo que a través del análisis de factores será de gran utilidad.

Por último, la relación entre la variación individual en el comportamiento e indicadores fisiológicos, de salud y producción deberán estudiarse con más detalle. Profundizar en la pregunta epidemiológica del ¿por qué unos individuos son más susceptibles que otros a algunas enfermedades?, es de vital importancia para entender la conducta y el bienestar animal como factor de riesgo epidemiológico

# Anexo 1. Artículo científico publicado

Applied Animal Behaviour Science 205 (2018) 1–7



Contents lists available at ScienceDirect

Applied Animal Behaviour Science

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/applanim](http://www.elsevier.com/locate/applanim)



## Plasticity and consistency of lying and ruminating behaviours of heifers exposed to different cubicle availability: A glance at individuality



Norhan Cortés Fernández de Arcipreste, Karen F. Mancera, Giuliana G. Miguel-Pacheco, Francisco Galindo\*

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Insurgentes Sur s/n, Ciudad Universitaria, 04510, D.F., México

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Individuality  
Plasticity  
Lying  
Rumination  
Dairy cattle  
Animal welfare

### ABSTRACT

Behavioural responses are a balance between plasticity (changes in behavioural patterns in relation to the environment) and consistency (similar behavioural responses in different situations). In addition, behavioural consistency indicates the presence of individuality, that is, a degree of internal consistency in the way individuals respond to situations. The estimation of the strength of plasticity and consistency in behaviour is a way to explore how coping mechanisms work and the degree to which environmental changes and individuality influence behavioural responses. Therefore, this study evaluated the balance between plasticity and consistency in the rumination and lying patterns of heifers exposed to three cubicle availabilities by comparing the effect size estimates of a repeated measures ANOVA (plasticity) and Kendall's coefficient of concordance (consistency). Heifers lay and ruminated less time on average as cubicle availability decreased (Total lying:  $F = 15.38_{2,28}$ ;  $P < 0.0001$  and Total rumination:  $F = 167.76_{2,28}$ ;  $P < 0.0001$ ). Rumination had a stronger effect size estimate of plasticity (Total rumination:  $0.88 > 0.38$ ), probably as a result of the importance of this activity for cows' energy acquisition and the low energy cost of this activity. Lying behaviours tended more towards consistency (Total lying:  $0.81 > 0.59$ ), most likely to avoid the energy costs of plasticity at individual level. Individuals are consistent in their lying behaviour, which can cause health risks if, despite changes in the environment, heifers lie for too long or not long enough. Further research is needed to address the relationship of individuality and expression of basic behaviours, such as lying and rumination, and the role of individuality in disease prevention.

### 1. Introduction

Behavioural plasticity is the capacity to adjust behaviours in response to fluctuating environmental conditions. In contrast, behavioural consistency is the execution of similar behaviours under different situations (Sih et al., 2004; Stamps and Groothuis, 2010). Although plasticity is generally considered advantageous, it can also be non-beneficial. Responding adaptively to some environmental stimuli improves accuracy on the proximate expectations, but also increases the uncertainty about the rest of the environment, thus decreasing the ability to cope (Dall and Cuthill, 1997; Dall et al., 2004). In addition, evaluating the environment increases energetic demands, risk exposure and decreases fitness (Komers, 1997).

When the costs associated with plasticity are too high, behavioural consistency becomes advantageous, as it generates similar behaviours across different situations or "approximately appropriate responses" that respond to environmental demands without increasing energy expenditure or risk exposure (Dall et al., 2004). Because individuals tend

to respond in consistent modes to challenging situations (Mendl et al., 1992; Mason and Mendl, 1993), behavioural consistency also indicates the presence of individuality (Dall et al., 2004; Briffa et al., 2008). Since individuality varies in intensity along several axes (such as shyness to boldness or aggressiveness (Réale et al., 2007), high consistency and the presence of individuality will also facilitate consistency on behavioural intensity across situations. For instance, consistently submissive individuals might do well in situations where low aggression is favoured, but poorly in competitive situations (Sih et al., 2004).

Behavioural responses are a balance between plasticity and consistency. Such balance is determined by variables such as the level of investment that sensory systems require (Dall et al., 2004; Briffa et al., 2008). Therefore, for any given behaviour, there is a trade-off between plasticity (environment) and consistency (individuality; Briffa et al., 2008). Understanding this trade-off is important to comprehend how coping mechanisms work and the degree of influence that environmental factors have on individuals' behaviour. One way to explore the degree of influence of plasticity and consistency is comparing the effect

\* Corresponding author.

E-mail addresses: [galindof@unam.mx](mailto:galindof@unam.mx), [galindof@servidor.unam.mx](mailto:galindof@servidor.unam.mx) (F. Galindo).

<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2018.05.020>

Received 28 September 2017; Received in revised form 5 April 2018; Accepted 11 May 2018

Available online 16 May 2018

0168-1591/ © 2018 Elsevier B.V. All rights reserved.

size estimates obtained with two kinds of statistical tests: one calculating the average differences in behaviour between situations (plasticity) and one calculating the stability in ranks of individual responses between situations (consistency) (Briffa et al., 2008).

The statistical test that calculates the effect size of plasticity is the repeated measures ANOVA, which measures average differences in behaviour between situations for individuals that are observed on multiple occasions (Johnson and Sih, 2005). Meanwhile, the statistical test that calculates the effect size of consistency is the Kendall's coefficient of concordance, which measures consistency in differences in behaviour between individuals across multiple situations (Bremner-Harrison et al., 2004). Both tests result in effect size estimates with values between 0–1. If the effect size of the ANOVA (adjusted  $R^2$ ) is greater than the effect size of the Kendall's coefficient of concordance (W), plasticity would be the dominant trait for that behaviour, whereas consistency would be favoured if the effect size of the Kendall's test is greater (Briffa et al., 2008).

In heifers, maintenance behaviours such as lying and rumination have been well studied because they relate to animal welfare. Rumination is an essential activity for energy intake (Grant and Dann, 2015) and it is affected by external variables such as forage nutritional characteristics (Welch and Smith, 1970) and social structure (Rind and Phillips, 1999). Rumination is also affected by internal variables such as voluntary feed intake which results in changes in rumen fill perceived by the distension of the rumen wall (Campling et al., 1961; Carr and Jacobson, 1967). A decrease in rumination can lead to the development of acidosis (Owens et al., 1998).

Lying behaviour is a priority for cows and is affected by factors such as age, heat, illness, housing system, bedding material, tying system, and stocking density (Krohn and Munksgaard, 1993). However, it has shown to be consistent at individual level (Hopster et al., 2000; Müller and Schrader, 2005). Increases in lying time are related to increased levels of stress hormones (Munksgaard and Lovendahl, 1993; Munksgaard and Simonsen, 1996), lameness (Leonard et al., 1996; Chapinal et al., 2009) and injuries (Rushen et al., 2007). Examining the balance between the plasticity and consistency of these behaviours in heifers in response to an external factor is a step towards understanding how farm animals cope with environmental challenges, as well as an indication of individuality and the existence of differences in the intensity of behavioural features, which could signify a greater health risk for certain individuals. This knowledge is relevant for farm animal welfare and management, as the consistent behaviour of individuals may be related to their ability to cope with husbandry conditions (Manteca and Deag, 1993). Therefore, this study examined the balance between behavioural plasticity and consistency in the proportions of lying and rumination times of heifers exposed to different cubicle availabilities by comparing the effect size estimates of the statistical tests measuring plasticity and consistency. Additionally, we will briefly discuss the implications of individuality in terms of the risk associated with the intensity of behavioural responses.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Housing and animals

This research was carried out at the Center for Agricultural Education from the Higher Studies Faculty, Cuautitlán-UNAM (19°41'N, 99°11'W). The study protocol was reviewed and approved by the Internal Committee for the Care and Use of Experimental Animals CICUAE FESC (Approval Number C 14.10). Fifteen healthy Holstein dairy cows (631 ± 17 kg of body weight; mean ± SE) with an age range of 4–6 years (5.2 ± 0.1; mean ± SE) were used in this study. Cows were housed in an outdoor pen composed of two rows of 10 cubicles, with a concrete floor and a roof above the rows of cubicles, (Fig. 1). Lamps with white light were mounted on the roof ceiling. Each cubicle had a concrete base with silica sand bedding, which was

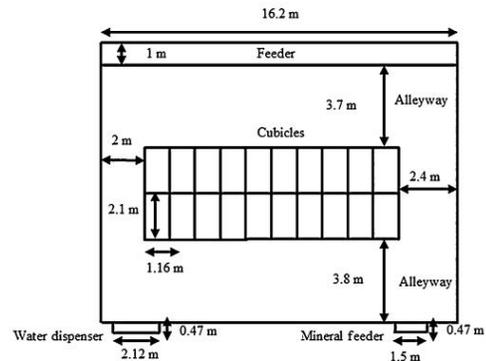


Fig. 1. Schematic view of pen and cubicles (scale 1:200).

cleaned out every third day. Four video cameras (Model KC5942-F, Meriva Security, Guangzhou, China) with infrared light were mounted at each corner of the pen at 4 m height to record overnight. Heifers had *ad libitum* access to salt blocks, feed and water. The ration was composed of a base of corn silage, alfalfa *ad libitum*, and oat straw. Concentrate (Dairy roll with 17% crude protein; CP) was provided 3 × per day, once with the morning ration, and during milking (06:30 and 15:30 h).

### 2.2. Behavioural observations and measurements

A repeated measure design was used to study the effect of cubicle availability on individual behaviours. Cubicle availability during treatments was controlled by blocking access to lesser used cubicles using a rope tied horizontally at the entrance of the cubicles at the height of 1 m. The lesser used cubicles were determined by pilot observations carried out during a habituation period at times where cows were expected to lie (15 days, 2 observers, 2 h per day).

During the experimental phase, three treatments were established: A20 = 20 cubicles available, A15 = 15 cubicles and A8 = 8 cubicles available. Observations were carried out in three consecutive periods each consisting of 12 days. During each period, treatments were imposed for 4 days each in a random consecutive order to all heifers.

Cows were observed daily for 6-h periods. On day one, observations started at 08:00 and finished at 14:00; on the second day cows were observed from 14:00 to 20:00; this process continued consecutively completing a 24-h cycle in 4 days of observation per treatment (Harcourt, 1978). This resulted in 72 h of observations per treatment. All observations were carried out by 3 experimenters. Inter and intra-observer agreement was calculated with the Kappa coefficient (Inter-observer agreement:  $\kappa = 0.93$ ; intra-observer agreement:  $\kappa = 0.87$ ).

The behavioural variable observed were: Lying (proportion of lying time in cubicles, in alleyways and in total) and rumination (proportion of rumination time lying in cubicles, alleyways, standing and in total). These behaviours were recorded by direct observation using scan sampling every 10 min (Martin and Bateson, 2007). Once the observations were complete, behavioural variables were expressed as proportions of observations, calculated as number of observations per behaviour/total number of scan samplings. Likewise, each behavioural variable was averaged by treatment across the three periods (i.e. the proportion of total lying time per treatment divided by 3 replicates) to compare the effect of cubicle availability.

### 2.3. Statistical analyses

All analyses were performed using the program Minitab for

Windows (Version 17.1, Minitab Inc. Pennsylvania, USA). To investigate the effects of cubicle availability on behaviour, a Generalized Linear Model (GLM) with the factors treatment and cow (random variable) and a level of significance of  $P < 0.05$  was used to establish a single-factor, repeated measures analysis where individuals were measured several times across periods and received each treatment in succession. Residuals were tested for normal distribution using the Anderson–Darling test ( $P > 0.05$ ). Means in tables are expressed as Estimated Marginal Means with Standard Error of the Difference (SED).

Kendall's Coefficients of Concordance (W) with a level of significance of  $P < 0.05$  were calculated to estimate the degree of agreement on the proportions of time allocated by cows to each treatment. A two-step criteria was used to interpret the results of Kendall's W:

- The significance of the W value obtained with a Chi-squared test, where  $P < 0.05$  = significant consistency among treatments, and  $P > 0.05$  = no consistency among treatments.
- Once agreement was established, level of agreement was decided following the guidelines of Napolitano et al. (2005) and Gibbons et al. (2009), where low consistency =  $W < 0.4$ , moderate consistency =  $0.4 \leq W \leq 0.6$ , and high consistency =  $W > 0.6$ .

We compared the balance between behavioural plasticity and consistency following the methodology proposed by Briffa et al. (2008), in which the test statistics and effect size estimates obtained through the GLM model (plasticity) and the Kendall's coefficients of concordance (consistency) were contrasted. The method is a basic comparison of the effect size values: If the effect size of the ANOVA (adjusted R<sup>2</sup>) is greater than the effect size of the Kendall's coefficient of concordance (W), plasticity would be the dominant trait for that behaviour, whereas consistency would be favoured if the effect size of the Kendall's test is higher. The strength of the effect size was determined using the scale proposed by Geiger and Hovorka (2015):

- Very weak:  $r_s = 0-0.19$
- Weak:  $r_s = 0.2-0.39$
- Moderate:  $r_s = 0.4-0.59$
- Strong:  $r_s = 0.6-0.79$
- Very strong:  $r_s = 0.8-1$

### 3. Results

#### 3.1. Behavioural plasticity in proportions of time of lying and rumination behaviours

The proportion of lying time in cubicles was different when cows were exposed to different treatments. When individuals were exposed to A20 and A15 treatments, they spent more time lying than when exposed to A8 treatment, and this was also true for total lying time (cubicles and alleyways), ( $P < 0.0001$ ). In contrast, the proportion of lying time in alleyways presented an inverse trend; when cows were exposed to A20 and A15 treatments, they spent less time lying in the alleyways area than when exposed to A8 ( $P = .002$ ; Table 1).

The proportion of time spent ruminating while standing was higher for the cows when exposed to the A8 treatment compared with A20 and A15 ( $P < 0.0001$ ), whereas the time heifers spent ruminating while lying in cubicles and total rumination time was higher for the when exposed to the A20 treatment with A15 as intermediate ( $P < 0.0001$ ). Although not significant, there was a tendency for heifers exposed to A15 to ruminate less when lying in the alleyways. Time spent feeding was increased ( $P < 0.0001$ ) when cows were exposed to the A8 treatment compared to A15, with A20 as intermediate (Table 1).

**Table 1**

Proportions of time (number of observations per behaviour/total number of scan samplings) of behaviours of heifers exposed to different cubicle availability contrasted by treatment. A20 = 20 cubicles available, A15 = 15 cubicles available, A8 = 8 cubicles available. SED = Standard Error of the Difference.  $F_{NDF,DF}$  = F value Numerator Degrees of Freedom, Denominator Degrees of Freedom. Means that do not share a letter are statistically different, ( $P < 0.05$ ).

BEHAVIOUR (PROPORTION OF TIME)	Treatments			SED	$F_{NDF,DF}$	(P value)
	A20	A15	A8			
Lying in cubicles	43.8 <sup>a</sup>	42.8 <sup>a</sup>	30.07 <sup>b</sup>	4.997	23.48 <sub>2,28</sub>	< 0.0001
Lying in alleyways	4.53 <sup>b</sup>	6.27 <sup>b</sup>	10.87 <sup>a</sup>	3.699	7.83 <sub>2,28</sub>	0.002
Total lying	48.33 <sup>a</sup>	49.06 <sup>a</sup>	40.93 <sup>b</sup>	3.628	15.38 <sub>2,28</sub>	< 0.0001
Rumination while standing	9.49 <sup>b</sup>	10.29 <sup>b</sup>	13.12 <sup>a</sup>	1.375	19.17 <sub>2,28</sub>	< 0.0001
Rumination while lying in cubicles	33.23 <sup>a</sup>	20.27 <sup>b</sup>	12.78 <sup>c</sup>	2.359	192.40 <sub>2,28</sub>	< 0.0001
Rumination while lying in alleyways	3.26 <sup>b</sup>	1.75 <sup>c</sup>	3.07 <sup>a</sup>	1.429	3.31 <sub>2,28</sub>	0.05
Total rumination	46.00 <sup>a</sup>	32.33 <sup>b</sup>	28.13 <sup>c</sup>	2.281	167.76 <sub>2,28</sub>	< 0.0001
Feeding	22.2 <sup>b</sup>	20.06 <sup>c</sup>	25.26 <sup>a</sup>	1.185	48.62 <sub>2,28</sub>	< 0.0001

#### 3.2. Behavioural consistency in proportions of time of lying and ruminating

For the behaviour lying in cubicles, there was a high degree of consistency in the proportions of time spent by heifers across treatments ( $W = 0.71$ ,  $P = .008$ ). This was also the case for the proportion of time dedicated to lying in alleyways and total lying ( $W = 0.87$ ,  $P = .0008$ ; and,  $W = 0.70$ ,  $P = .009$ , respectively; Table 2).

A low, non-significant consistency of the proportions of time ruminating while standing was observed ( $W = 0.55$ ,  $P = .06$ ), whereas rumination while lying in cubicles showed high consistency ( $W = 0.69$ ,  $P = .01$ ). For the proportion of time ruminating while lying in alleyways, a high consistency was obtained ( $W = 0.85$ ,  $P = .001$ ). Total rumination had a low non-significant consistency between heifers ( $W = 0.38$ ,  $P < 0.3$ ). Feeding behaviour showed a high level of consistency ( $W = 0.83$ ,  $P = .001$ ; Table 2).

#### 3.3. Comparison of strength of behavioural plasticity and behavioural consistency on heifers' behaviours

The effect size of consistency was very strong for lying in alleyways and total lying and rumination while lying in alleyways, compared to the strength of plasticity effect sizes which were strong, moderate and strong, respectively. Meanwhile, the effect size of plasticity was strong for rumination while standing while consistency had moderate effect sizes. Very strong effect sizes were found for plasticity for both rumination while lying in cubicles and total rumination, and strong and weak, respectively for consistency in these behaviours, (Table 2).

### 4. Discussion

Domesticated species, such as dairy cattle, have the behavioural plasticity that enables them to adapt to environmental gradients (Mignon-Grasteau et al., 2005). Nonetheless, there is also extensive evidence of behavioural consistency in cattle (Koolhaas and Van Reenen, 2016). Understanding the balance between consistency and plasticity in cattle could help us generate better management practices that consider individual tendencies to perform certain behaviours or predispose animals to risk. For instance, a high degree of consistency in aggressiveness across different situations may be beneficial when competing for resources but will be deemed as inappropriate in situations where cooperation is necessary (Sih et al., 2004). Likewise, if there are characteristics that are highly responsive to environmental stressors, maintaining a controlled environment within a system may become paramount to maintain productivity. In our study, we have

**Table 2**

Effect size estimates for individual consistency and behavioural plasticity between cubicle availability treatments. Test statistics and effect size estimates used for consistency obtained with Kendall's coefficient of concordance ( $\chi^2$  and W). Test statistics and effect size estimates used for plasticity obtained with a GLM model with cow as a random factor to establish a repeated measure design with one factor, (F value and adjusted  $R^2$ ). Strength of effect size: VS = Very Strong; S = Strong; M = Moderate; W = Weak.

BEHAVIOUR	STATISTIC		PROBABILITY		EFFECT SIZE ESTIMATE		Behavioural characteristic favoured
	Kendall's ( $\chi^2$ )	GLM (F)	Kendall's (P)	GLM (P)	Kendall's (W) – strength of effect size	GLM ( $R^2$ ) – strength of effect size	
Lying in cubicles	30.01 <sub>14</sub>	23.48 <sub>2,28</sub>	0.008	< 0.0001	0.71 – S	0.69 – S	Consistency
Lying in alleyways	36.72 <sub>14</sub>	7.83 <sub>2,28</sub>	0.0008	0.002	0.87 – VS	0.76 – S	Consistency
Total lying	33.99 <sub>14</sub>	15.38 <sub>2,28</sub>	0.002	< 0.0001	0.81 – VS	0.59 – M	Consistency
Rumination while standing	23.08 <sub>14</sub>	19.17 <sub>2,28</sub>	0.06	< 0.0001	0.55 – M	0.67 – S	Plasticity
Rumination while lying in cubicles	29.04 <sub>14</sub>	192.40 <sub>2,28</sub>	0.01	< 0.0001	0.69 – S	0.91 – VS	Plasticity
Rumination while lying in alleyways	35.84 <sub>14</sub>	3.31 <sub>2,28</sub>	0.001	0.05	0.85 – VS	0.74 – S	Consistency
Total rumination	15.75 <sub>14</sub>	167.76 <sub>2,28</sub>	0.3	< 0.0001	0.38 – W	0.88 – VS	Plasticity
Feeding	35.18 <sub>14</sub>	48.62 <sub>2,28</sub>	0.001	< 0.0001	0.83 – VS	0.88 – VS	Balanced

evaluated the trade-offs between plasticity and consistency in lying and rumination behaviours to explore how these characteristics can help us understand possible risks for cattle in relation to cubicle availability.

The effect sizes of plasticity for behavioural observations with multiple measures can be calculated with a repeated measures ANOVA (Johnson and Sih, 2005; Briffa et al., 2008), whereas the Kendall's coefficient of concordance estimates effect sizes of consistency (Bremner-Harrison et al., 2004; Briffa et al., 2008). Both tests range the effect sizes on a scale from 0 to 1. If the effect size for the variation between situations is larger than the effect size for the consistency between situations, plasticity has been favoured, whereas if the effect size for consistency is larger than that for the average difference between situations, there is a preference for the display of approximately appropriate responses, i.e., consistency (Briffa et al., 2008).

Plasticity is a desirable characteristic as it favours fitness (Sih et al., 2004). However, responding to a small portion of the total environment also decreases the chances to respond appropriately to changes that go beyond the local conditions (Dall et al., 2004), and involves a greater energy expenditure and exposure to predators (Komers, 1997). Therefore, consistency is an option when a single behavioural variant across different situations generates responses that work well in all contexts (Dall et al., 2004; Briffa et al., 2008).

Our analysis demonstrated a good degree of plasticity in response to cubicle availability, as the effect sizes strength ranged from moderate to very strong. Nonetheless, the effect sizes of behavioural consistency were also significant, and in some instances, greater than those of plasticity. These differences are relevant on important aspects of heifers' welfare.

#### 4.1. Balance between plasticity and consistency in rumination

Low cubicle availability in A8 was associated with a decrease in total rumination and rumination while lying in cubicles compared to A15 and A20, despite of an increase in rumination while standing, which is a likely consequence of having standing time available and no motivation or ability to perform other behaviours such as lying (Cooper et al., 2007). Our results show that animals in A8 had the highest proportion of feeding.

Feeding and rumination are intimately related, as food intake is likely to increase rumen fill and rumination, whereas increased rumen fill can decrease food intake (Campling et al., 1961; Carr and Jacobson, 1967). However, feed intake is not only affected by rumen fill; in a study by Lindström and Redbo (2000), two groups of cows were fed *ad libitum* and only one was subjected to rumen content extraction. They found that feeding times were not significantly different between groups, which was regarded as evidence of other factors other than

rumen content affecting food intake. In fact, variables such as sex, physiological state, size, body shape, health, ambient temperature, nutritional qualities of feed and photoperiod also affect feeding patterns (Mertens, 1994).

In our experiment, cows were of the same sex, had a similar physiological state, weight, age, height and health state. They also lived in the same cubicle system and were exposed to the same temperatures, photoperiod, food and water. Therefore, variations in these factors were unlikely to alter food intake patterns. We hypothesize that A8 cows had a higher feed intake despite the likelihood of increased rumen fill, because they used feeding behaviour as a displacement activity, similarly observed by Cooper et al., (2007). Feeding and rumination while standing increased in A8 heifers frustrated by lying deprivation, while total rumination decreased. This is also consistent with the fact that feeding is a predominant behaviour of ruminants and it has priority over rumination whenever the causal factors of the two activities conflict (Metz, 1975). In such circumstances, rumination and feeding can be indicators of welfare even when they do not vary in different directions.

Additionally, if we assume that feeding observations obtained are related to the actual amount of feed consumed, we would have expected an increase in rumination for animals in A8, instead of the observed decrease, as rumen distention would augment rumination activity (Campling et al., 1961; Carr and Jacobson, 1967). Rumen fill affects time spent ruminating, as cows with higher amounts of digesta in the rumen present longer rumination times (Lindström and Redbo, 2000). The decreased rumination observed in this experiment indicates that despite the relationship between feed intake, rumen distention and rumination, cubicle availability as an external factor can affect rumination patterns regardless of feed intake levels, highlighting the possibility of plasticity in response to stress. This reduction in rumination time has been observed in other mild stress paradigms.

For instance, regrouping stress at different levels was created when dairy cows were kept in groups of 6 and then divided into groups of 3, which were either placed in a different pen or kept in their original pen. Triads that remained in the pen and had a new triad introduced showed a decrease in time spent ruminating on the day of regrouping, whereas triads moved to a new pen showed a decrease in rumination behaviour on the day after regrouping (Schirmann et al., 2011). In a different experiment assigning cows to high or low cortisol groups after blood sampling and analysis, decreased rumination times were associated with those cows in the high cortisol group, which was attributed to the relation between cortisol and anxiety (Bristow and Holmes, 2007).

Rumination also favoured behavioural plasticity. Ruminating is of great importance as it facilitates the acquisition of energy from plants (Grant and Dann, 2015). A trade-off towards plasticity for this

behaviour has been previously reported for the Rocky Mountain big-horn sheep (*Ovis Canadensis*), which had a highly plastic rumination response to external factors such as temperature and group size, in addition to individual characteristics such as age, body mass and sex. Plasticity for this animal was regarded as a tool to optimize rumination in response to environmental constraints (Moquin et al., 2010), as behavioural or physiological plasticity is a common way to adapt to frequent but mild stressors (Badyaev, 2005).

In this regard, it has been previously assumed that behaviours that are more sensitive to the environment or influenced by either energetic demands or the immediate social environment are less consistent (i.e. more plastic; Castellano et al., 2002; Smith and Hunter, 2005; Bell et al., 2009) and that liable behavioural states are those easily modifiable and highly variable in time, such as those influencing the management of energy reserves (Wolf and Weissing, 2010). Favouring plasticity in rumination, which is intimately linked to the maintenance of energetic balance (Grant and Dann, 2015), allows the maintenance of high biological performance across variable environmental gradients that require different behavioural responses (Snell-Rood, 2013).

Plasticity is also evolutionarily favoured if the energetic cost associated is small (Scheiner, 1993). The energy cost of rumination is very low compared to other activities (Osuji, 1974). If the cost of producing or maintaining sensory and information processing systems is sufficiently low (Briffa et al., 2008), changes in rumination patterns in response to an environmental gradient would be preferable as this process is highly sensitive to external conditions such as forage nutritional characteristics (Welch and Smith, 1970) and social structure (Rind and Phillips, 1999). Different rumination patterns are useful to maintain homeostasis, which is one of the main aims of behavioural plasticity (Badyaev, 2005). A trade-off towards plasticity would be advantageous and desirable for rumination patterns in relation to the mild stress associated with cubicle unavailability. Redirecting energy from long-term survival processes (i.e. digestion and energy storage) to processes of immediate survival (i.e., metabolism of fats and proteins) during the stress response is highly adaptive (Sapolsky, 2000). Therefore, the decrease in total rumination observed here would imply that while the rumination response is inherently plastic, it favours a decrease in rumination patterns during the stress response to improve performance. Nonetheless, it is worth noticing that rumination accompanied by increased feeding rates is also a health concern, as cattle could experience ruminal acidosis (Owens et al., 1998; Lean et al., 2014). Thus, although plasticity is an advantage, it could represent different challenges long term.

#### 4.2. Balance between plasticity and consistency in lying behaviour

Lying is an important activity for cattle and previous studies have shown that cows' lying behaviour is consistent in duration and frequency at individual level (Hopster et al., 2000). In our study, total lying time was reduced by the A8 treatment, as showed in other studies where cows decreased their lying time when exposed to high stocking densities (Fregonesi et al., 2007; Krawczel et al., 2012; Winckler et al., 2015). Although the decrease in lying observed in A8 implies that there is a good level of behavioural plasticity in lying behaviours, the consistency component was stronger when effect size estimates were compared. Therefore, individuals that tended to lie down more than others maintained this tendency consistent despite the overall effects of cubicle availability. Similar results have been observed for dairy cows, as lying frequency and duration was highly consistent at individual level despite variations in parity, week of lactation, light intensity and ambient temperature (Müller and Schrader, 2005).

Since lying deprivation activates the stress response through an increase in the levels of adrenocorticotrophic hormone and cortisol (Munksgaard and Simonsen, 1996; Fisher et al., 2002), we hypothesize that maintaining individual consistency in lying patterns can function as a strategy to maintain the aversive effects of lying deprivation at a

level that is tolerable to the individual. The success of this strategy may be determined by the amount of time cows are subjected to this stressful condition. Moreover, although it would be plausible to avoid the effects of lying deprivation by spending as much time as possible lying down, this assumption does not consider the consistency of lying patterns and the fact that this individual regularity is linked to larger coping mechanisms that seem to be unique for each cow (i.e., animal personalities or individuality) and that will result in the same patterns. For instance, it has been observed that young bulls that are less affiliative, more confrontational and more competitive towards dominant individuals have consistently lower lying times even when enough space is available (Mülleder et al., 2003). Similarly, it has also been observed that cows with long lying periods have the highest regularity in behavioural patterns, the lowest motor activity and the greatest success in agonistic interactions, thus making locomotion a good indicator of behavioural restlessness (Schrader, 2001). Therefore, the consistency in lying patterns observed in our study could be both a strategy to maintain stress tolerable at individual level and a consequence of the individual coping response linked to animals' individuality.

#### 4.3. Behavioural consistency and individuality: implications and further perspectives

Behavioural consistency is an indicator of individuality (Dall et al., 2004; Briffa et al., 2008). Individuality (also known as temperament, personality, coping style or behavioural style; Trillmich and Hudson, 2011) is the assumption of some degree of internal consistency in the way individuals respond to situations (Mason and Mendl, 1993). Individuality has also been proven to vary within a range of different behavioural axes such as shyness-boldness, exploration-avoidance, activity, sociability and aggressiveness (Réale et al., 2007). Although for farm animals, the idea of individuality has been challenged by some authors due to the unidirectional selection that decreases genetic variation (Jensen, 1995) and the presence of highly synchronized behaviours (Rook and Huckle, 1995), there is increasingly significant evidence of the presence of behavioural consistency and individuality in dairy cows (Schrader, 2002; Müller and Schrader, 2005).

In the case of the lying behaviours of heifers observed in this experiment, individuals with consistently shorter lying times may be at risk of developing injuries (Rushen et al., 2007), lameness (Leonard et al., 1996) and overall stress (Munksgaard and Lovendahl, 1993; Munksgaard and Simonsen, 1996) regardless of what cubicle availability they are subjected to due to their individual tendency to lie less. Similarly, animals that are consistently lying for longer periods of time regardless of changes in cubicle availability may be exposed to increased time lying on hard floors when lying in alleys, which intensifies the pressure on their front carpi and pain associated with changing positions (Metzner, 1978), as well as exposure to the negative frictional characteristics of the floor, which may inhibit changes in body posture, and add excessive pressure to specific parts of the body (Nilsson, 1988). Consequently, individual preferences towards short or long lying times can contribute to associated risk factors that impact welfare.

To date, there is no research linking the risks that individuality may generate when the expression of maintenance behaviours, such as rumination and lying down, is constant between situations and variable in intensity between individuals. Furthermore, research linking other behavioural features, such as social interactions, may be important to identify individuals at risk, as it has been previously suggested for lameness risk in dairy cows (Galindo et al., 2000; Müller and Schrader, 2005). As specific behavioural patterns can evolve jointly with morphology and other physiological characteristics (Wcislo, 1989), it is possible to eventually identify specific health risks associated with behavioural, but also, morphological individuality. Therefore, knowledge about behavioural consistency, such as the results of this study, could improve daily management practices and the design of facilities for dairy cows (Wagner-Storch and Palmer, 2003).

The development of further research associating behavioural patterns, consistency, individuality and risk factors in production animals is greatly needed. Research of this kind will need the use of technology such as rumination receptors, which are able to accurately monitor imbalances in rumination activity (Pahl et al., 2012) and automated activity monitor systems to assess frequency and duration of lying behaviour (Müller and Schrader, 2005). This kind of studies are a priority, as animal welfare needs to increasingly focus more on problem prevention rather than problem identification to benefit producers and animals.

## 5. Conclusions

Lying and rumination times showed a difference in balance between behavioural plasticity and consistency. Rumination was balanced towards plasticity, despite increased feeding, which is likely related to a displacement behaviour due to heifers' inability to lie down. The plasticity of rumination is possibly related to its importance in heifers' physiology, which requires a high sensitivity to environmental changes as well as the low energy cost of this activity. Lying behaviours were balanced towards consistency, which could be related to an attempt to decrease the stress response related to lying deprivation at individual level, as well as being part of individual coping responses linked to animals' individuality. Individuality of behaviours may be, in combination with behavioural consistency across situations, a risk factor for health issues that needs to be further explored to generate ways to identify individuals at risk, rather than just existing health conditions.

## Acknowledgements

We thank the staff at Center for Agricultural Education from the Higher Studies Faculty, Cuautitlán-UNAM for their help in this work. We also thank Dr. Lindsey Perry and Dr. Lucy Oldham who kindly allocated time for proofreading of this manuscript. This study is part of Norhan Cortés Fernández de Arcipreste PhD studies, which were funded by the National Council of Science and Technology (CONACYT). This study is also part of Karen F. Mancera postdoctoral project, supported by the postdoctoral scholarship program UNAM-DGAPA at the Faculty of Veterinary Medicine - UNAM. This research was also funded by the CONACYT project PAPIIT- RV200715.

## References

Badyaev, A.V., 2005. Stress-induced variation in evolution: from behavioural plasticity to genetic assimilation. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 272, 877–886.

Bell, A.M., Hankison, S.J., Laskowski, K.L., 2009. The repeatability of behaviour: a meta-analysis. *Anim. Behav.* 77, 771–783.

Bremner-Harrison, S., Prodohl, P., Elwood, R.W., 2004. Behavioural trait assessment as a release criterion: boldness predicts early death in a reintroduction programme of captive-bred swift fox (*Vulpes velox*). *Anim. Conserv.* 7, 313–320.

Briffa, M., Rundle, S.D., Fryer, A., 2008. Comparing the strength of behavioural plasticity and consistency across situations: animal personalities in the hermit crab *Pagurus bernhardus*. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 275, 1305–1311.

Bristow, D.J., Holmes, D.S., 2007. Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Physiol. Behav.* 90, 626–628.

Campling, R., Freer, M., Balch, C., 1961. Factors affecting the voluntary intake of food by cows. 2. The relationship between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. *Brit. J. Nutr.* 15, 531–540.

Carr, S.B., Jacobson, D.R., 1967. Intraruminal addition of mass or removal of rumen contents on voluntary intake of the bovine. *J. Dairy Sci.* 50, 1814–1818.

Castellano, S., Cuatto, B., Rinella, R., Rosso, A., Giacoma, C., 2002. The advertisement call of the European treefrogs (*Hyla arborea*): a multilevel study of variation. *Ethol* 108, 75–89.

Chapinal, N., De Passille, A., Weary, D., Von Keyserlingk, M., Rushen, J., 2009. Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 92, 4365–4374.

Cooper, M., Arney, D., Phillips, C., 2007. Two- or four-hour lying deprivation on the behavior of lactating dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 1149–1158.

Dall, S.R., Cuthill, L.C., 1997. The information costs of generalism. *Oikos* 80, 197–202.

Dall, S.R., Houston, A.I., McNamara, J.M., 2004. The behavioural ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective. *Ecol. Lett.* 7, 734–739.

Fisher, A.D., Verkerk, G.A., Morrow, C.J., Matthews, L.R., 2002. The effects of feed restriction and lying deprivation on pituitary–adrenal axis regulation in lactating cows. *Livest. Prod. Sci.* 73, 255–263.

Fregonesi, J., Tucker, C., Weary, D., 2007. Overstocking reduces lying time in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 90, 3349–3354.

Galindo, F., Broom, D.M., Jackson, P.G.G., 2000. A note on possible link between behaviour and the occurrence of lameness in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 67, 335–341.

Geiger, M., Hovorka, A.J., 2015. Using physical and emotional parameters to assess donkey welfare in Botswana. *Vet. Rec. Open* 2(2), e000062.

Gibbons, J.M., Lawrence, A.B., Haskell, M.J., 2009. Consistency of aggressive feeding behaviour in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 121, 1–7.

Grant, R., Dann, H., 2015. In: William, H. (Ed.), *Biological Importance of Rumination and Its Use On-Farm*. Miner Agricultural Research Institute, New York.

Harcourt, A.H., 1978. Activity periods and patterns of social interaction: a neglected problem. *Behavioural* 66, 121–135.

Hopster, H., Van der Werf, J.T.N., Blokhuis, H.J., 2000. Inter- and intra-individual variation in resting behaviour in dairy cows. In: Ramos, A., Pinheiro Machado, F., Hötzel, M.J. (Eds.), *Proceedings of the 34th International Congress of ISAE*, pp. 143. Florianópolis, Brazil.

Jensen, P., 1995. Individual variation in the behaviour of pigs—noise or functional coping strategies? *Appl. Anim. Behav. Sci.* 44, 245–255.

Johnson, J.C., Sih, A., 2005. Pre-emptive sexual cannibalism in fishing spiders (*Dolomedes triton*): a role for behavioral syndromes. *Behav. Ecol. Sociobiol. (Print)*. 58, 390–396.

Komers, P.E., 1997. Behavioural plasticity in variable environments. *Can. J. Zool.* 75, 161–169.

Koolhaas, J., Van Reenen, C., 2016. Animal behavior and well-being symposium: interaction between coping style/personality, stress, and welfare: relevance for domestic farm animals. *J. Anim. Sci.* 94, 2284–2296.

Krawczel, P.D., Klaiber, L.B., Butzler, R.E., Klaiber, L.M., Dann, H.M., Mooney, C.S., Grant, R.J., 2012. Short-term increases in stocking density affect the lying and social behavior, but not the productivity, of lactating Holstein dairy cows. *J. Dairy Sci.* 95, 4298–4308.

Krohn, C.C., Munksgaard, L., 1993. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments II. Lying and lying-down behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37, 1–16.

Lean, I.J., Golder, H.M., Hall, M.B., 2014. Feeding, evaluating, and controlling rumen function. *Vet. Clin. Food Anim.* 539–575.

Leonard, F., O'Connell, J., O'Farrell, K., 1996. Effect of overcrowding on claw health in first-calving Friesian heifers. *Brit. Vet. J.* 152, 459–472.

Lindström, T., Redbo, I., 2000. Effect of feeding duration and rumen fill on behaviour in dairy cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 70, 83–97.

Mülleler, C., Palme, R., Menke, C., Waiblinger, S., 2003. Individual differences in behaviour and in adrenocortical activity in beef-suckler cows. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 84, 167–183.

Müller, R., Schrader, L., 2005. Individual consistency of dairy cows' activity in their home pen. *J. Dairy Sci.* 88, 171–175.

Manteca, X., Deag, J., 1993. Use of physiological measures to assess individual differences in reactivity. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 37, 265–270.

Martin, P.R., Bateson, P., 2007. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Cambridge University Press, Cambridge.

Mason, G.J., Mendl, M., 1993. Why is there no simple way of measuring animal welfare? *Anim. Welf.* 2, 301–319.

Mendl, M., Zanella, A.J., Broom, D.M., 1992. Physiological and reproductive correlates of behavioural strategies in female domestic pigs. *Anim. Behav.* 44, 1107–1121.

Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake. In: Fahey, G.C. (Ed.), *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*. American Society of Agronomy Madison, Wisconsin, pp. 450–493.

Metz, J.H.M., 1975. *Time Patterns of Feeding and Rumination in Domestic Cattle*. Univ. of Wageningen, The Netherlands.

Metzner, R., 1978. Analyse tierischer Bewegungsabläufe zur Gestattung artemäber Rinderkrippen. *Landtechnik* 9, 397–404.

Mignon-Grasteau, S., Boissy, A., Bouix, J., Faure, J.-M., Fisher, A.D., Hinch, G.N., Jensen, P., Le Neindre, P., Mormède, P., Prunet, P., 2005. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livest. Sci.* 93, 3–14.

Moquin, P., Curry, B., Pelletier, F., Ruckstuhl, K.E., 2010. Plasticity in the rumination behaviour of bighorn sheep: contrasting strategies between the sexes? *Anim. Behav.* 79, 1047–1053.

Munksgaard, L., Lovendahl, P., 1993. Effects of social and physical stressors on growth hormone levels in dairy cows. *Can. J. Anim. Sci.* 73, 847–853.

Munksgaard, L., Simonsen, H.B., 1996. Behavioral and pituitary adrenal-axis responses of dairy cows to social isolation and deprivation of lying down. *J. Anim. Sci.* 74, 769–778.

Napolitano, F., Grasso, F., Bordi, A., Tripaldi, C., Sallatamacchia, F., Paecelli, C., De Rosa, G., 2005. On-farm welfare assessment in dairy cattle and buffaloes: evaluation of some animal-based parameters. *Italian J. Anim. Sci.* 4, 223–231.

Nilsson, C., 1988. *Technical Design with Respect to the Biological Needs of Animals in Reference to the Thermal, Friction and Abrasive Characteristics and the Softness of the Flooring Material*. Swedish University of Agricultural Sciences, Lund.

Osuji, P., 1974. The physiology of eating and the energy expenditure of the ruminant at pasture. *J. Range Manag.* 437–443.

Owens, F., Secrist, D., Hill, W., Gill, D., 1998. Acidosis in cattle: a review. *J. Anim. Sci.* 76, 275–286.

Pahl, C., Haeussermann, A., Mahlkow-Nerge, K., Grothmann, A., Hartung, E., 2012. Comparison of rumination activity records of pressure sensors and acoustic sensors.

- Proceedings of the International Conference on Agriculture Engineering Valencia 1–6.
- Réale, D., Reader, S.M., Sol, D., McDougall, P.T., Dingemanse, N.J., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biol. Rev.* 82, 291–318.
- Rind, M., Phillips, C., 1999. The effects of group size on the ingestive and social behaviour of grazing dairy cows. *Anim. Sci.* 68, 589–596.
- Rook, A., Huckle, C., 1995. Synchronization of ingestive behaviour by grazing dairy cows. *Anim. Sci.* 60, 25–30.
- Rushen, J., Haley, D., De Passillé, A., 2007. Effect of softer flooring in tie stalls on resting behavior and leg injuries of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 90, 3647–3651.
- Sapolsky, R.M., 2000. Stress hormones: good and bad. *Neurobiol. Dis.* 7, 540–542.
- Scheiner, S.M., 1993. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24, 35–68.
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D., Heuwieser, W., Von Keyserlingk, M., 2011. Short-term effects of regrouping on behavior of prepartum dairy cows. *J. Dairy Sci.* 94, 2312–2319.
- Schrader, L., 2001. Identifizierung individueller Verhaltenscharakteristika bei Milchkühen. *KTBL-Schrift* 403, 18–27.
- Schrader, L., 2002. Consistency of individual behavioural characteristics of dairy cows in their home pen. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 77, 255–266.
- Sih, A., Bell, A., Johnson, J.C., 2004. Behavioral syndromes: an ecological and evolutionary overview. *Trends Ecol. Evol. (Amst.)* 19, 372–378.
- Smith, M.J., Hunter, D., 2005. Temporal and geographic variation in the advertisement call of the booroolong frog (*Litoria booroolongensis*: Anura: Hylidae). *Ethol* 111, 1103–1115.
- Snell-Rood, E.C., 2013. An overview of the evolutionary causes and consequences of behavioural plasticity. *Anim. Behav.* 85, 1004–1011.
- Stamps, J., Groothuis, T.G., 2010. The development of animal personality: relevance, concepts and perspectives. *Biol. Rev.* 85, 301–325.
- Trillmich, F., Hudson, R., 2011. The emergence of personality in animals: the need for a developmental approach. *Dev. Psychobiol.* 53, 505–509.
- Wagner-Storch, A., Palmer, R., 2003. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *J. Dairy Sci.* 86, 1494–1502.
- Weislo, W.T., 1989. Behavioral environments and evolutionary change. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20, 137–169.
- Welch, J., Smith, A., 1970. Forage quality and rumination time in cattle1, 2. *J. Dairy Sci.* 53, 797–800.
- Winckler, C., Tucker, C.B., Weary, D.M., 2015. Effects of under-and overstocking free-stalls on dairy cattle behaviour. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 170, 14–19.
- Wolf, M., Weissing, F.J., 2010. An explanatory framework for adaptive personality differences. *Proc. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 365, 3959–3968.

Anexo 2.- Producción de leche.

Producción de leche (litros) por vaca durante el reingreso al corral de producción durante 30 días.

<b>Día</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>
1	16.4	18	21.8	22	13	12	15	15	15	10.4	15
2	18.2	20.2	23.6	14.6	13.8	14	17	18	15.8	10.6	17.8
3	16	20	22	24	14	14	18	19	16.1	13	18
4	18.2	19.6	22	25	15.2	13.8	16	18.4	16.4	14	17
5	15.2	19.2	19.2	21	9.8	10	15	14	13	13.2	15
6	16	17	19.6	20.8	10	9.4	12	13	11	12	19
7	14.8	17.6	18.4	22	10	9.2	12.4	13	11.6	10.6	15
8	15.6	21.4	19.4	21.2	9.6	10.2	14	13.6	9.4	10.6	14.6
9	14.6	17.2	21.6	20	8	10	12.4	12.8	9.6	11.8	12.4
10	15.2	19	21.6	19.2	8.2	18	13.2	12.8	9.4	12.8	14.6
11	14	18	19	19	8	29.4	13	13	9	13	13
12	14	18	16.8	19	8.6	26.6	12	11.8	9	11.8	13
13	16.2	21	19.8	21.5	12.4	13	16.6	15.4	13.2	13.2	14.4
14	14	18.6	19	19.4	11.6	11.2	15	11	12.4	11	14
15	16	21.4	21.2	23.2	12.2	12.6	16	14	12.8	15	15.6
16	16.2	21	21	22.6	11	13	15.4	13	13	13	17
17	14.2	19.6	20.8	19.6	8.4	8.8	12.4	12	10.4	10.6	15
18	15	19.2	19.2	18.2	9.8	10	13	12.4	10.2	10.4	12.4
19	11	19	19.4	20.4	9	10	14.6	14.2	11.2	12	12.6
20	14.8	17.6	20.8	20.4	10	11	12.2	13	9.2	13	12.8
21	16	20	21	31.8	9.4	11	13	12.2	10	14	14
22	15	18	20	19.6	4.2	10.2	12	11	8.2	11.4	11.4
23	14.2	17	20	17.8	6.4	10	12.2	12	9	12	12
24	14.4	17.2	16.2	19.2	7	9.8	12	11	6	13	13
25	17.2	19.6	23	25	15	14	17	17.6	17.4	14	16
26	17	20	22.5	23.4	13	13.4	16	17	16.2	13	15.6
27	15.2	19.8	22.6	20.4	13.2	12	15	15.6	18.2	13.6	15.2
28	17.4	19.4	19.4	22	12	12	17	14	13	13	14.4
29	15	19.6	20	21.6	10	12	15.4	13.4	12	14	14
30	14.4	16	19.2	18.4	8.6	9.4	11.4	11	11.6	14.4	13

Anexo 3.-Medias y frecuencias en las conductas

Media de la proporción del tiempo\* para los estados de conducta y frecuencias† del comportamiento social durante el parto y al reingreso al corral de producción por vaca

ID	Descanso*		Alimentación*		Rumia*		Locomoción†		Episodios descanso†		Episodios alimentación†		Episodios rumia†	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	43	40	24	29	39	8	2	0	4	4	10	10	5	6
2	52	48	22	28	47	10	1	1	7	9	9	9	6	7
4	47	49	22	24	46	14	2	1	6	10	8	13	6	10
5	48	40	25	31	42	10	1	2	8	5	9	11	9	6
7	49	49	22	25	45	15	2	0	7	5	8	11	5	8
8	39	49	25	28	42	14	2	1	7	6	7	9	6	5
10	51	40	21	33	46	11	1	0	7	9	7	9	7	6
11	49	40	21	31	52	7	2	0	5	8	11	11	10	7
12	53	42	23	34	47	10	1	1	9	6	6	8	6	4
13	49	33	22	25	49	25	1	1	5	6	9	11	7	9
14	48	33	25	36	44	13	1	0	8	6	10	11	7	6

1 = parto. 2 = reingreso

#### Anexo 4.- Rango social de las vacas

Durante estudios preliminares se tomaron las frecuencias de agresiones tanto con contacto como sin contacto para realizar el índice de éxito y tener un status social de cada una de las vacas. índice de éxito = número de individuos que desplaza / número de individuos que desplaza + número de individuos que la desplazan. Las vacas con un índice de desplazamiento entre 0.41 y 0.5 fueron consideradas de mediano rango. con un índice arriba de 0.51 fueron consideradas alto rango y animales con un índice debajo de 0.4 se clasificaron en bajo rango.

<b>ID</b>	<b>I.E.</b>	<b>Rango</b>	<b>ID</b>	<b>I.E.</b>	<b>Rango</b>	<b>ID</b>	<b>I.E.</b>	<b>Rango</b>
<b>1</b>	0.53	1	<b>6</b>	0.58	1	<b>11</b>	0.58	1
<b>2</b>	0.48	2	<b>7</b>	0.49	2	<b>12</b>	0.58	1
<b>3</b>	0.49	2	<b>8</b>	0.42	2	<b>13</b>	0.47	2
<b>4</b>	0.40	3	<b>9</b>	0.51	2	<b>14</b>	0.47	2
<b>5</b>	0.50	2	<b>10</b>	0.38	3	<b>15</b>	0.58	1

## REFERENCIAS

- Andrew Sih, Alison M Bell, J Chadwick Johnson, Robert E Ziemba, 2004. Behavioral Syndromes: An Integrative Overview. *The Quarterly Review of Biology* 79, 241-277.
- Anthony, S.P., Mordak, R., 2015. Periparturient stress and immune suppression as a potential cause of retained placenta in highly productive dairy cows: examples of prevention. *Acta Veterinaria Scandinavica*.
- Babu, L.K., Pandey, H.N., Sahoo, A., 2004. Effect of individual versus group rearing on ethological and physiological responses of crossbred calves. *Applied animal behaviour science*.
- Bach, A., Juaristi, J.L., Ahedo, J., 2006. Growth Effects of Regrouping Dairy Replacement Heifers with Lighter Weight and Younger Animals. *The Professional Animal Scientist* 22, 358-361.
- Badyaev, A.V., 2005. Stress-induced variation in evolution: from behavioural plasticity to genetic assimilation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 272, 877-886.
- Barroso, F.G., Alados, C.L., Boza, J., 2000. Social hierarchy in the domestic goat: effect on food habits and production. *Applied Animal Behaviour Science* 69, 35-53.
- Beauchemin, K.A., 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101, 4762-4784.
- Beausoleil, N.J., Blache, D., Stafford, K.J., Mellor, D.J., Noble, A.D.L., 2008. Exploring the basis of divergent selection for 'temperament' in domestic sheep. *Applied Animal Behaviour Science* 109, 261-274.
- Bedolla, C., de León, M.P., 2008. Pérdidas económicas ocasionadas por la mastitis bovina en la industria lechera. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria* 9, 1-26.
- Beggs, D.S., Jongman, E.C., Hemsworth, P.H., Fisher, A.D., 2018. Research: Short communication: Milking order consistency of dairy cows in large Australian herds. *Journal of Dairy Science* 101, 603-608.
- Bell, A.M., Hankison, S.J., Laskowski, K.L., 2009. The repeatability of behaviour: a meta-analysis. *Animal Behaviour* 77, 771-783.
- Bøe, K.E., Færevik, G., 2003. Grouping and social preferences in calves, heifers and cows. *Applied Animal Behaviour Science* 80, 175-190.
- Boyle, A.R., Ferris, C.P., O'Connell, N.E., 2013. Does housing nulliparous dairy cows with multiparous animals prior to calving influence welfare- and production-related parameters after calving? *Applied Animal Behaviour Science* 143, 1-8.
- Bremner-Harrison, S., Prodohl, P.A., 2004. Behavioural trait assessment as a release criterion: boldness predicts early death in a reintroduction programme of captive-bred swift fox (*Vulpes velox*). *Animal Conservation* 7, 313-320.
- Briffa, M., Rundle, S.D., Fryer, A., 2008. Comparing the strength of behavioural plasticity and consistency across situations: animal personalities in the hermit crab *Pagurus bernhardus*. *Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.* 275, 1305-1311.
- Bristow, D.J., Holmes, D.S., 2007. Cortisol levels and anxiety-related behaviors in cattle. *Physiology & Behavior* 90, 626-628.
- Broom, D., 2008. Welfare Assessment and Relevant Ethical Decisions: Key Concepts.
- Broom, D.M., 1986. Indicators of poor welfare. *British Veterinary Journal* 142, 524-526.

- Broom, D.M., 1988. The scientific assessment of animal-welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 20, 5-19.
- Broom, D.M., Fraser, A.F., 2007. *Domestic animal behaviour and welfare*. Wallingford, United Kingdom : CABI, 2007 4th ed.
- Bruckmaier, R.M., Gross, J.J., 2017. Lactational challenges in transition dairy cows. *Animal Production Science* 57, 1471-1481.
- Burrow, H.M., Dillon, R.D., 1997. Relationships between temperament and growth in a feedlot and commercial carcass traits of *Bos indicus* crossbreds. *Aust. J. Exp. Agric.* 37, 407-411.
- Campling, R.C., Freer, M., Balch, C.C., 1961. Factors affecting the voluntary intake of food by cows: 2. The relationship between the voluntary intake of roughages, the amount of digesta in the reticulo-rumen and the rate of disappearance of digesta from the alimentary tract. *British Journal of Nutrition* 15, 531-540.
- Carere, C., Groothuis, T.G.G., Möstl, E., Daan, S., Koolhaas, J.M., 2003. Fecal corticosteroids in a territorial bird selected for different personalities: daily rhythm and the response to social stress. *Hormones and Behavior* 43, 540-548.
- Carr, S.B., Jacobson, D.R., 1967. Intraruminal Addition of Mass or Removal of Rumen Contents on Voluntary Intake of the Bovine<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science* 50, 1814-1818.
- Carvalho, M.V.d.L., Sant'Anna, A.C., Páscoa, A.G., Jung, J., Paranhos da Costa, M.J.R., 2017. The relationship between water buffalo cow temperament and milk yield and quality traits. *Livestock Science* 198, 109-114.
- Castro, I.M.L., Gygas, L., Wechsler, B., Hauser, R., 2012. Effect of short and long periods of separation on agonistic behaviour, injuries and stress in Hérens cows kept in loose housing. *Applied Animal Behaviour Science* 136, 96-103.
- Clark, C.C.A., D'Eath, R.B., 2013. Age over experience: Consistency of aggression and mounting behaviour in male and female pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 147, 81-93.
- Cooke, R.F., 2014. BILL E. KUNKLE INTERDISCIPLINARY BEEF SYMPOSIUM: Temperament and acclimation to human handling influence growth, health, and reproductive responses in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science* 92, 5325-5333.
- Cooper, M.D., Arney, D.R., Phillips, C.J.C., 2007. Two- or Four-Hour Lying Deprivation on the Behavior of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90, 1149-1158.
- Cortés, F.d.A., N., Mancera, K.F., Miguel-Pacheco, G.G., Galindo, F., 2018. Plasticity and consistency of lying and ruminating behaviours of heifers exposed to different cubicle availability: A glance at individuality. *Applied Animal Behaviour Science*.
- Cziszter, L.T., Gavojdian, D., Neamt, R., Neciu, F., Kusza, S., Ilie, D.-E., 2016. Effects of temperament on production and reproductive performances in Simmental dual-purpose cows. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 15, 50-55.
- Chapinal, N., de Passillé, A.M., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., Rushen, J., 2009. Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 92, 4365-4374.
- Chapinal, N., Zobel, G., Painter, K., Leslie, K.E., 2014. Changes in lying behavior after abrupt cessation of milking and regrouping at dry-off in freestall-housed cows: A case study. *Journal of Veterinary Behavior* 9, 364-369.
- Chebel, R.C., Silva, P.R.B., Endres, M.I., Ballou, M.A., Luchterhand, K.L., 2016. Social stressors and their effects on immunity and health of periparturient dairy cows<sup>1</sup>. *Journal of Dairy Science* 99, 3217-3228.

- D'Eath, R.B., Turner, S.P., Kurt, E., Evans, G., Thölking, L., Looft, H., Wimmers, K., Murani, E., Klont, R., Foury, A., Ison, S.H., Lawrence, A.B., Mormède, P., 2010. Pigs' aggressive temperament affects pre-slaughter mixing aggression, stress and meat quality. *Animal* 4, 604-616.
- Dall, S.R.X., Bell, A.M., Bolnick, D.I., Ratnieks, F.L.W., 2012. An evolutionary ecology of individual differences. *Ecology Letters* 15, 1189-1198.
- Dall, S.R.X., Cuthill, I.C., 1997. The information costs of generalism. *Oikos* 80, 197-202.
- Dall, S.R.X., Houston, A.I., McNamara, J.M., 2004. The behavioural ecology of personality: consistent individual differences from an adaptive perspective. *Ecology Letters* 7, 734-739.
- Drackley, J.K., 1999. Biology of Dairy Cows During the Transition Period: the Final Frontier? *Journal of Dairy Science* 82, 2259-2273.
- Ebner, K., Singewald, N., 2017. Individual differences in stress susceptibility and stress inhibitory mechanisms. *Current Opinion in Behavioral Sciences* 14, 54-64.
- Fernández, M.A., Alvarez, L., Zarco, L., 2007. Regrouping in lactating goats increases aggression and decreases milk production. *Small Ruminant Research* 70, 228-232.
- Fisher, A.D., Verkerk, G.A., Morrow, C.J., Matthews, L.R., 2002. The effects of feed restriction and lying deprivation on pituitary-adrenal axis regulation in lactating cows. *Livestock Production Science* 73, 255-263.
- Flower, F.C., Weary, D.M., 2001. Effects of early separation on the dairy cow and calf:: 2. Separation at 1 day and 2 weeks after birth. *Applied Animal Behaviour Science* 70, 275-284.
- Flower, F.C., Weary, D.M., 2003. The effects of early separation on the dairy cow and calf. *Animal Welfare* 12, 339-348.
- Foris, B., Zebunke, M., Langbein, J., Melzer, N., 2018. Evaluating the temporal and situational consistency of personality traits in adult dairy cattle. *Plos One* 13.
- Fraser, D., Duncan, I.J.H., Edwards, S.A., Grandin, T., Gregory, N.G., Guyonnet, V., Hemsworth, P.H., Huertas, S.M., Huzzey, J.M., Mellor, D.J., Mench, J.A., Špinka, M., Whay, H.R., 2013. General Principles for the welfare of animals in production systems: The underlying science and its application. *The Veterinary Journal* 198, 19-27.
- Fregonesi, J.A., Tucker, C.B., Weary, D.M., 2007. Overstocking Reduces Lying Time in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90, 3349-3354.
- Galina, H.C., Valencia, M.J., 2012. Reproducción de animales domésticos. 3ª edición ed.
- Galindo, F., Broom, D.M., 2000. The relationships between social behaviour of dairy cows and the occurrence of lameness in three herds. *Research in Veterinary Science* 69, 75-79.
- Galindo, F., Broom, D.M., Jackson, P.G.G., 2000. A note on possible link between behaviour and the occurrence of lameness in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 67, 335-341.
- Ganong, W.F., Barrett, K.E., Barman, S.M., Boitano, S., Brooks, H.L., Blengio Pinto, R., González Hernández, J.L., 2013. Fisiología médica. México, D.F. : McGraw-Hill Interamericana, 2013, Segunda edición.
- Geiger, M., Hovorka, A.J., 2015. Using physical and emotional parameters to assess donkey welfare in Botswana. *Veterinary Record Open* 2.
- Gibbons, J.M., Lawrence, A.B., Haskell, M.J., 2009. Consistency of aggressive feeding behaviour in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 121, 1-7.
- Goldhawk, C., Chapinal, N., Veira, D.M., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2009. Prepartum feeding behavior is an early indicator of subclinical ketosis. *Journal of Dairy Science* 92, 4971-4977.
- González, M., Yabuta, A.K., Galindo, F., 2003. Behaviour and adrenal activity of first parturition and multiparous cows under a competitive situation. *Applied Animal Behaviour Science* 83, 259-266.

- Gosling, S.D., 2008. Personality in Non-human Animals. *Social and Personality Psychology Compass* 2, 985-1001.
- Grant, R., Dann, H.M., 2015. Biological Importance of Rumination and Its Use On-Farm., In: William, H. (Ed.), *Miner Agricultural Research Institute*, New York.
- Grant, R.J., Albright, J.L., 1995. Feeding behavior and management factors during the transition period in dairy cattle. *Journal of animal science (USA)*, 2791.
- Grant, R.J., Dann, H.M., Cornell, U., 2015. Biological Importance of Rumination and Its Use on-farm. Cornell Univ Dept Animal Science, Ithaca.
- Gregorini, P., Dela Rue, B., Pourau, M., Glassey, C., Jago, J., 2013. A note on rumination behavior of dairy cows under intensive grazing systems. *Livestock Science* 158, 151-156.
- Gupta, S., Earley, B., Nolan, M., Formentin, E., Crowe, M.A., 2008. Effect of repeated regrouping and relocation on behaviour of steers. *Applied Animal Behaviour Science* 110, 229-243.
- Gupta, S., Earley, B., Ting, S.T.L., Crowe, M.A., 2005. Effect of repeated regrouping and relocation on the physiological, immunological, and hematological variables and performance of steers. *Journal of Animal Science* 83, 1948-1958.
- Harcourt, A.H., 1978. Activity Periods and Patterns of Social Interaction: A Neglected Problem. *Behaviour* 66, 121-135.
- Hedlund, L., Løvlie, H., 2015. Personality and production: Nervous cows produce less milk. *Journal of Dairy Science* 98, 5819-5828.
- Hopster, H., O'Connell, J.M., Blokhuis, H.J., 1995. Acute effects of cow-calf separation on heart rate, plasma cortisol and behaviour in multiparous dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 44, 1-8.
- Hopster, H.V.d.W., J.T.N.; Blokhuis, H.J., 2000. Inter- and intra-individual variation in resting behaviour in dairy cows, In: Ramos, A., Pinheiro Machado, F., Hötzel, M.J. (Ed.), *Proceedings of the 34th International Congress of ISAE, Florianopolis, Brazil*, p. 143.
- Huxley, J.N., 2013. Impact of lameness and claw lesions in cows on health and production. *Livestock Science* 156, 64-70.
- Huzzey, J.M., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2005. Changes in feeding, drinking, and standing behavior of dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science* 88, 2454-2461.
- Iltle, A.J., Huzzey, J.M., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2015. Clinical ketosis and standing behavior in transition cows. *Journal of Dairy Science* 98, 128-134.
- Ito, K., von Keyserlingk, M.A.G., LeBlanc, S.J., Weary, D.M., 2010. Lying behavior as an indicator of lameness in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93, 3553-3560.
- Jack, P.H., Stephen, H.J., 1997. Individual Variation in Mammals. *Journal of Mammalogy*, 274.
- Jensen, M.B., 2011. The early behaviour of cow and calf in an individual calving pen. *Applied Animal Behaviour Science* 134, 92-99.
- Jensen, M.B., 2012. Behaviour around the time of calving in dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 139, 195-202.
- Jensen, P., 1995. Individual variation in the behaviour of pigs—noise or functional coping strategies? *Applied Animal Behaviour Science* 44, 245-255.
- Johnsen, J.F., de Passille, A.M., Mejdell, C.M., Bøe, K.E., Grøndahl, A.M., Beaver, A., Rushen, J., Weary, D.M., 2015. The effect of nursing on the cow–calf bond. *Applied Animal Behaviour Science* 163, 50-57.
- Johnson, J.C., Sih, A., 2005. Precopulatory Sexual Cannibalism in Fishing Spiders (*Dolomedes triton*): A Role for Behavioral Syndromes. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 390.

- Kaufman, E.I., LeBlanc, S.J., McBride, B.W., Duffield, T.F., DeVries, T.J., 2016. Association of rumination time with subclinical ketosis in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* 99, 5604-5618.
- Kertz, A.F., Reutzel, L.F., Thomson, G.M., 1991. DRY-MATTER INTAKE FROM PARTURITION TO MIDLACTATION. *Journal of Dairy Science* 74, 2290-2295.
- Komers, P.E., 1997. Behavioural plasticity in variable environments. *Canadian Journal of Zoology* 75, 161-169.
- Koo, T.K., Li, M.Y., 2016. A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research. *Journal of Chiropractic Medicine* 15, 155-163.
- Koolhaas, J.M., Bartolomucci, A., Buwalda, B., de Boer, S.F., Flügge, G., Korte, S.M., Meerlo, P., Murison, R., Olivier, B., Palanza, P., Richter-Levin, G., Sgoifo, A., Steimer, T., Stiedl, O., van Dijk, G., Wöhr, M., Fuchs, E., 2011. Stress revisited: A critical evaluation of the stress concept. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 35, 1291-1301.
- Koolhaas, J.M., de Boer, S.F., Buwalda, B., van Reenen, K., 2007. Individual Variation in Coping with Stress: A Multidimensional Approach of Ultimate and Proximate Mechanisms. *Brain, Behavior and Evolution* 70, 218-226.
- Koolhaas, J.M., de Boer, S.F., Coppens, C.M., Buwalda, B., 2010. Neuroendocrinology of coping styles: Towards understanding the biology of individual variation. *Frontiers in Neuroendocrinology* 31, 307-321.
- Koolhaas, J.M., Korte, S.M., De Boer, S.F., Van Der Vegt, B.J., Van Reenen, C.G., Hopster, H., De Jong, I.C., Ruis, M.A.W., Blokhuis, H.J., 1999. Coping styles in animals: current status in behavior and stress-physiology. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews* 23, 925-935.
- Koolhaas, J.M., Van Reenen, C.G., 2016. Animal behavior and well-being Symposium: Interaction between coping style/personality, stress, and welfare: Relevance for domestic farm animals<sup>1</sup>. *Journal of Animal Science* 94, 2284-2296.
- Krawczel, P., Grant, R., 2009. Effects of cow comfort on milk quality, productivity and behavior., In: *Proceedings of the NMC Annual Meeting, Charlotte, NC, USA*, pp. 15-24.
- Krawczel, P.D., Klaiber, L.B., Butzler, R.E., Klaiber, L.M., Dann, H.M., Mooney, C.S., Grant, R.J., 2012. Short-term increases in stocking density affect the lying and social behavior, but not the productivity, of lactating Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95, 4298-4308.
- Krieger, M., Sjostrom, K., Blanco-Penedo, I., Madouasse, A., Duval, J.E., Bareille, N., Fourichon, C., Sundrum, A., Emanuelson, U., 2017. Prevalence of production disease related indicators in organic dairy herds in four European countries. *Livestock Science* 198, 104-108.
- Krohn, C.C., 1994. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments. III. Grooming, exploration and abnormal behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 42, 73-86.
- Krohn, C.C., Munksgaard, L., 1993. Behaviour of dairy cows kept in extensive (loose housing/pasture) or intensive (tie stall) environments II. Lying and lying-down behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 37, 1-16.
- Lacasse, P., Vanacker, N., Ollier, S., Ster, C., 2017. Review: Innovative dairy cow management to improve resistance to metabolic and infectious diseases during the transition period. *Research in Veterinary Science*.
- Lefcourt, A.M., Bitman, J., Kahl, S., Wood, D.L., 1993. CIRCADIAN AND ULTRADIAN RHYTHMS OF PERIPHERAL CORTISOL CONCENTRATIONS IN LACTATING DAIRY-COWS. *Journal of Dairy Science* 76, 2607-2612.
- Leonard, F.C., O'Connell, J.M., O'Farrell, K.J., 1996. Effect of overcrowding on claw health in first-calved friesland heifers. *British Veterinary Journal* 152, 459-472.

- MacKay, J.R.D., Haskell, M.J., 2015. Consistent Individual Behavioral Variation: The Difference between Temperament, Personality and Behavioral Syndromes. *Animals*, Vol 5, Iss 3, Pp 455-478 (2015), 455.
- Manteca, X., 2009. *Etología Veterinaria*. Multimédica Ediciones veterinarias, Sant Cugat del Vallés, Barcelona.
- Manteca, X., Deag, J.M., 1993. Individual differences in temperament of domestic animals- a Review of methodology. *Animal Welfare* 2, 247-268.
- Marchant-Forde, J.N., Marchant-Forde, R.M., Weary, D.M., 2002. Responses of dairy cows and calves to each other's vocalisations after early separation. *Applied Animal Behaviour Science* 78, 19-28.
- Martin, P.R., Bateson, P., 2007. *Measuring behaviour: An introductory Guide* Cambridge University Press Cambridge.
- Mason, G., Mendl, M., 1993. Why is there no simple way of Measuring Animal Welfare? *Animal Welfare* 2, 301-319.
- McBride, S.D., Wolf, B., 2007. Using multivariate statistical analysis to measure ovine temperament; stability of factor construction over time and between groups of animals. *Applied Animal Behaviour Science* 103, 45-58.
- Medrano-Galarza, C., Gibbons, J., Wagner, S., de Passillé, A.M., Rushen, J., 2012. Behavioral changes in dairy cows with mastitis. *Journal of Dairy Science* 95, 6994-7002.
- Mehta, P.H., Gosling, S.D., 2008. Bridging human and animal research: A comparative approach to studies of personality and health. *Brain, Behavior, and Immunity* 22, 651-661.
- Mendl, M., Zanella, A.J., Broom, D.M., 1992. Physiological and reproductive correlates of behavioral strategies in female domestic pigs. *Animal Behaviour* 44, 1107-1121.
- Mertens, D.R., 1994. Regulation of forage intake., In: Fahey, G.C. (Ed.), *Forage Quality, Evaluation, and Utilization*, American Society of Agronomy Madison, Wisconsin, pp. 450-493.
- Metz, J.H.M., 1975. Time patterns of feeding and rumination in domestic cattle, Veenman, Wageningen.
- Mignon-Grasteau, S., Boissy, A., Bouix, J., Faure, J.-M., Fisher, A.D., Hinch, G.N., Jensen, P., Le Neindre, P., Mormède, P., Prunet, P., Vandeputte, M., Beaumont, C., 2005. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livestock Production Science* 93, 3-14.
- Miguel-Pacheco, G.G., Kaler, J., Remnant, J., Cheyne, L., Abbott, C., French, A.P., Pridmore, T.P., Huxley, J.N., 2014. Behavioural changes in dairy cows with lameness in an automatic milking system. *Applied Animal Behaviour Science* 150, 1-8.
- Miloslav, Š., Jan, B., Michal, U., Vladimír, T., Zuzana, P., Pavel, N., Milan, P., 2012. Study of Behaviour Adaptation of Dairy Cows after Regrouping and Facility Change. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, Vol 45, Iss 2, Pp 355-359 (2012), 355.
- Miranda-de la Lama, G.C., Mattiello, S., 2010. The importance of social behaviour for goat welfare in livestock farming. *Small Ruminant Research* 90, 1-10.
- Miranda-de la Lama, G.C., Pascual-Alonso, M., Guerrero, A., Alberti, P., Alierta, S., Sans, P., Gajan, J.P., Villarroel, M., Dalmau, A., Velarde, A., Campo, M.M., Galindo, F., Santolaria, M.P., Sañudo, C., María, G.A., 2013. Influence of social dominance on production, welfare and the quality of meat from beef bulls. *Meat Science* 94, 432-437.
- Miranda-de la Lama, G.C., Sepúlveda, W.S., Montaldo, H.H., María, G.A., Galindo, F., 2011. Social strategies associated with identity profiles in dairy goats. *Applied Animal Behaviour Science* 134, 48-55.
- Moquin, P., Curry, B., Pelletier, F., Ruckstuhl, K.E., 2010. Plasticity in the rumination behaviour of bighorn sheep: contrasting strategies between the sexes? *Animal Behaviour* 79, 1047-1053.

- Müller, R., Schrader, L., 2005a. Behavioural consistency during social separation and personality in dairy cows. *Behaviour* 142.
- Müller, R., Schrader, L., 2005b. Individual Consistency of Dairy Cows; Activity in Their Home Pen. *Journal of Dairy Science* 88, 171-175.
- Müller, R., von Keyserlingk, M.A.G., 2006. Consistency of flight speed and its correlation to productivity and to personality in *Bos taurus* beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 99, 193-204.
- Munksgaard, L., Jensen, M.B., Pedersen, L.J., Hansen, S.W., Matthews, L., 2005. Quantifying behavioural priorities—effects of time constraints on behaviour of dairy cows, *Bos taurus*. *Applied Animal Behaviour Science* 92, 3-14.
- Munksgaard, L., Lovendahl, P., 1993. Effects of Social and Physical Stressors on Growth -Hormone Levels in Dairy Cows. *Can. J. Anim. Sci.* 73, 847-853.
- Munksgaard, L., Simonsen, H.B., 1996. Behavioral and Pituitary Adrenal-Axis Responses of Dairy Cows to Social Isolation and Deprivation of Lying Down.
- Napolitano, F., Grasso, F., Bordi, A., Tripaldi, C., Saltamacchia, F., Pacelli, C., De Rosa, G., 2005. On-farm welfare assessment in dairy cattle and buffaloes: evaluation of some animal-based parameters. *Italian Journal of Animal Science* 4, 223-231.
- Neave, H.W., Costa, J.H.C., Weary, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2018. Personality is associated with feeding behavior and performance in dairy calves. *Journal of Dairy Science* 101, 7437-7449.
- Neave, H.W., Lomb, J., von Keyserlingk, M.A.G., Behnam-Shabahang, A., Weary, D.M., 2017. Parity differences in the behavior of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100, 548-561.
- Neja, W., Sawa, A., Jankowska, M., Bogucki, M., Krezel-Czopek, S., 2015. Effect of the temperament of dairy cows on lifetime production efficiency. *Archiv Fur Tierzucht-Archives of Animal Breeding* 58, 193-197.
- Newberry, R.C., Swanson, J.C., 2008. Implications of breaking mother–young social bonds. *Applied Animal Behaviour Science* 110, 3-23.
- Nilsson, C., 1988. Floors in animal houses - Technical design with respect to the biological needs of animals in reference to the thermal, friction and abrasive characteristics and the softness of the flooring material.
- Noer, C.L., Needham, E.K., Wiese, A.S., Balsby, T.J.S., Dabelsteen, T., 2016. Personality matters: Consistency of inter-individual variation in shyness-boldness across non-breeding and pre-breeding season despite a fall in general shyness levels in farmed American mink (*Neovison vison*). *Applied Animal Behaviour Science* 181, 191-199.
- Norring, M., Valros, A., 2016. The effect of lying motivation on cow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 176, 1-5.
- Numan, M., Fleming, A.S., Levy, F., 2006. CHAPTER 35 - Maternal Behavior A2 - Neill, Jimmy D, Knobil and Neill's *Physiology of Reproduction* (Third Edition), Academic Press, St Louis, pp. 1921-1993.
- Osuji, P.O., 1974. *The Physiology of Eating and the Energy Expenditure of the Ruminant at Pasture*.
- Owens, F.N., Secrist, D.S., Hill, W.J., Gill, D.R., 1998. Acidosis in cattle: A review. *Journal of Animal Science* 76, 275-286.
- Pahl, C., Haeussermann, A., Mahlkow-Nerge, K., Grothmann, A., Hartung, E., 2012. Comparison of rumination activity records of pressure sensors and acoustic sensors., *Proceedings of the International Conference on Agriculture Engineering, Valencia*, pp. 1-6.
- Pahl, C., Hartung, E., Grothmann, A., Mahlkow-Nerge, K., Haeussermann, A., 2014. Rumination activity of dairy cows in the 24 hours before and after calving. *Journal of Dairy Science* 97, 6935-6941.

- Paranhos da Costa, M.J.R., Broom, D.M., 2001. Consistency of side choice in the milking parlour by Holstein–Friesian cows and its relationship with their reactivity and milk yield. *Applied Animal Behaviour Science* 70, 177-186.
- Pascual-Alonso, M., María, G.A., Sepúlveda, W.S., Villarroel, M., Aguayo-Ulloa, L., Galindo, F., Miranda-de la Lama, G.C., 2013. Identity profiles based on social strategies, morphology, physiology, and cognitive abilities in goats. *Journal of Veterinary Behavior: Clinical Applications and Research* 8, 458-465.
- Patbandha, T.K., Mohanty, T.K., Layek, S.S., Kumaresan, A., Behera, K., 2012. Application of pre-partum feeding and social behaviour in predicting risk of developing metritis in crossbred cows. *Applied Animal Behaviour Science* 139, 10-17.
- Patel, O.V., Takahashi, T., Takenouchi, N., Hirako, M., Sasaki, N., Domekis, I., 1996. Peripheral cortisol levels throughout gestation in the cow: effect of stage of gestation and foetal number. *British Veterinary Journal (United Kingdom)*, 425.
- Pérez-Torres, L., Orihuela, A., Corro, M., Rubio, I., Alonso, M.A., Galina, C.S., 2016. Effects of separation time on behavioral and physiological characteristics of Brahman cows and their calves. *Applied Animal Behaviour Science* 179, 17-22.
- Petherick, J.C., Holroyd, R.G., Doogan, V.J., Venus, B.K., 2002. Productivity, carcass and meat quality of lot-fed *Bos indicus* cross steers grouped according to temperament. *Aust. J. Exp. Agric.* 42, 389-398.
- Phillips, C.J.C., Rind, M.I., 2001. The Effects on Production and Behavior of Mixing Uniparous and Multiparous Cows. *Journal of Dairy Science* 84, 2424-2429.
- Pitts, A.D., Weary, D.M., Fraser, D., Pajor, E.A., Kramer, D.L., 2002. Alternative housing for sows and litters.: Part 5. Individual differences in the maternal behaviour of sows. *Applied Animal Behaviour Science* 76, 291-306.
- Proudfoot, K., Habing, G., 2015. Social stress as a cause of diseases in farm animals: Current knowledge and future directions. *The Veterinary Journal* 206, 15-21.
- Proudfoot, K.L., Weary, D.M., LeBlanc, S.J., Mamedova, L.K., von Keyserlingk, M.A.G., 2018. Exposure to an unpredictable and competitive social environment affects behavior and health of transition dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101, 9309-9320.
- Raussi, S., Boissy, A., Delval, E., Pradel, P., Kaihilahti, J., Veissier, I., 2005. Does repeated regrouping alter the social behaviour of heifers? *Applied Animal Behaviour Science* 93, 1-12.
- Réale, D., Gallant, B.Y., Leblanc, M., Festa-Bianchet, M., 2000. Regular Article: Consistency of temperament in bighorn ewes and correlates with behaviour and life history. *Animal Behaviour* 60, 589-597.
- Reale, D., Reader, S.M., Sol, D., McDougall, P.T., Dingemans, N.J., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biological Reviews* 82, 291-318.
- Réale, D., Reader, S.M., Sol, D., McDougall, P.T., Dingemans, N.J., 2007. Integrating animal temperament within ecology and evolution. *Biol Rev* 82.
- Rhim, S.J., 2013. Vocalization and behavior of Holstein cows and calves after partial and complete separation. *Revista Colombiana De Ciencias Pecuarias* 26, 24-29.
- Rind, M.I., Phillips, C.J.C., 1999. The effects of group size on the ingestive and social behaviour of grazing dairy cows. *Animal Science* 68, 589-596.
- Rook, A.J., Huckle, C.A., 1995. Synchronization of ingestive behaviour by grazing dairy cows. *Animal Science* 60, 25-30.
- Ruis, M.A.W., te Brake, J.H.A., van de Burgwal, J.A., de Jong, I.C., Blokhuis, H.J., Koolhaas, J.M., 2000. Personalities in female domesticated pigs: behavioural and physiological indications. *Applied Animal Behaviour Science* 66, 31-47.

- Ruiz Romero, R.A., Cervantes Olivares, R.A., Ducoing Watty, A.E., Hernández Andrade, L., Martínez Gómez, D., 2013. Principales géneros bacterianos aislados de leche de cabra en dos granjas del municipio de Tequisquiapan, Querétaro, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias* 4, 93-106.
- Rushen, J., Haley, D., de Passillé, A.M., 2007. Effect of Softer Flooring in Tie Stalls on Resting Behavior and Leg Injuries of Lactating Cows. *Journal of Dairy Science* 90, 3647-3651.
- Sandem, A.-I., Braastad, B.O., 2005. Effects of cow-calf separation on visible eye white and behaviour in dairy cows—A brief report. *Applied Animal Behaviour Science* 95, 233-239.
- Sapolsky, R.M., 2000. Stress Hormones: Good and Bad. *Neurobiology of Disease* 7, 540-542.
- Sarova, R., Gutmann, A.K., Spinka, M., Stehulova, I., Winckler, C., 2016. Important role of dominance in allogrooming behaviour in beef cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 181, 41-48.
- Sato, S., Tatumizu, K., Hatae, K., 1993. THE INFLUENCE OF SOCIAL-FACTORS ON ALLOGROOMING IN COWS. *Applied Animal Behaviour Science* 38, 235-244.
- Scheiner, S.M., 1993. Genetics and Evolution of Phenotypic Plasticity. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 24, 35-68.
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D.M., Heuwieser, W., von Keyserlingk, M.A.G., 2011. Short-term effects of regrouping on behavior of prepartum dairy cows. *Journal of Dairy Science* 94, 2312-2319.
- Schirmann, K., Chapinal, N., Weary, D.M., Heuwieser, W., von Keyserlingk, M.A.G., 2012. Rumination and its relationship to feeding and lying behavior in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* 95, 3212-3217.
- Schirmann, K., Weary, D.M., Heuwieser, W., Chapinal, N., Cerri, R.L.A., von Keyserlingk, M.A.G., 2016. Short communication: Rumination and feeding behaviors differ between healthy and sick dairy cows during the transition period. *Journal of Dairy Science* 99, 9917-9924.
- Schrader, L., 2001. Identifizierung individueller Verhaltenscharakteristika bei Milchkühen. *KTBL-Schrift* 403, 18-27.
- Schrader, L., 2002. Consistency of individual behavioural characteristics of dairy cows in their home pen. *Applied Animal Behaviour Science* 77, 255-266.
- Sevi, A., Taibi, L., Albenzio, M., Muscio, A., Dell'Aquila, S., Napolitano, F., 2001. Behavioral, adrenal, immune, and productive responses of lactating ewes to regrouping and relocation. *Animal Science* 79, 1457-1465.
- Sih, A., Bell, A., Johnson, J.C., 2004a. Behavioral syndromes: An ecological and evolutionary overview. *Trends Ecol Evol* 19.
- Sih, A., Bell, A.M., Johnson, J.C., Ziemba, R.E., 2004b. Behavioral syndromes: An integrative overview. *Q Rev Biol* 79.
- Sih, A., Mathot, K.J., Moirón, M., Montiglio, P.-O., Wolf, M., Dingemanse, N.J., 2015. Animal personality and state-behaviour feedbacks: a review and guide for empiricists. *Trends in Ecology & Evolution* 30, 50-60.
- Siivonen, J., Taponen, S., Hovinen, M., Pastell, M., Lensink, B.J., Pyörälä, S., Hänninen, L., 2011. Impact of acute clinical mastitis on cow behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 132, 101-106.
- Silva, P.R.B., Moraes, J.G.N., Mendonça, L.G.D., Scanavez, A.A., Nakagawa, G., Ballou, M.A., Walcheck, B., Haines, D., Endres, M.I., Chebel, R.C., 2013a. Effects of weekly regrouping of prepartum dairy cows on innate immune response and antibody concentration. *Journal of Dairy Science* 96, 7649-7657.
- Silva, P.R.B., Moraes, J.G.N., Mendonça, L.G.D., Scanavez, A.A., Nakagawa, G., Fetrow, J., Endres, M.I., Chebel, R.C., 2013b. Effects of weekly regrouping of prepartum dairy cows on metabolic, health, reproductive, and productive parameters. *Journal of Dairy Science* 96, 4436-4446.

- Smith, D.L., Smith, T., Rude, B.J., Ward, S.H., 2013. Short communication: Comparison of the effects of heat stress on milk and component yields and somatic cell score in Holstein and Jersey cows. *Journal of Dairy Science* 96, 3028-3033.
- Snell-Rood, E.C., 2013. An overview of the evolutionary causes and consequences of behavioural plasticity. *Animal Behaviour* 85, 1004-1011.
- Sordillo, L.M., Raphael, W., 2013. Significance of Metabolic Stress, Lipid Mobilization, and Inflammation on Transition Cow Disorders. *veterinary clinics of North America*.
- Soriani, N., Panella, G., Calamari, L., 2013. Rumination time during the summer season and its relationships with metabolic conditions and milk production. *Journal of Dairy Science* 96, 5082-5094.
- Spooler, H.A.M., Burbidge, J.A., Lawrence, A.B., Simmins, P.H., Edwards, S.A., 1996. Individual behavioural differences in pigs: intra-and inter-test consistency. *Applied Animal Behaviour Science* 49, 185-198.
- Stamps, J., Groothuis, T.G.G., 2010a. The development of animal personality: relevance, concepts and perspectives. *Biological Reviews* 85, 301-325.
- Stamps, J.A., Biro, P.A., 2016. Personality and individual differences in plasticity. *Current Opinion in Behavioral Sciences* 12, 18-23.
- Stamps, J.A., Groothuis, T.G., 2010b. Developmental perspectives on personality: implications for ecological and evolutionary studies of individual differences. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 365, 4029-4041.
- Steensels, M., Bahr, C., Berckmans, D., Halachmi, I., Antler, A., Maltz, E., 2012. Lying patterns of high producing healthy dairy cows after calving in commercial herds as affected by age, environmental conditions and production. *Applied Animal Behaviour Science* 136, 88-95.
- Stěhulová, I., Lidfors, L., Špinka, M., 2008. Response of dairy cows and calves to early separation: Effect of calf age and visual and auditory contact after separation. *Applied Animal Behaviour Science* 110, 144-165.
- Stěhulová, I., Špinka, M., Šárová, R., Máchová, L., Kněz, R., Firla, P., 2013. Maternal behaviour in beef cows is individually consistent and sensitive to cow body condition, calf sex and weight. *Applied Animal Behaviour Science* 144, 89-97.
- Sundrum, A., 2015. Metabolic Disorders in the Transition Period Indicate that the Dairy Cows' Ability to Adapt is Overstressed. *Animals*, Vol 5, Iss 4, Pp 978-1020 (2015), 978.
- Svennersten-Sjaunja, K., Olsson, K., 2005. Endocrinology of milk production. *Domestic Animal Endocrinology* 29, 241-258.
- Tadich, N., Flor, E., Green, L., 2010. Associations between hoof lesions and locomotion score in 1098 unsound dairy cows. *Veterinary Journal (London, England: 1997)* 184, 60-65.
- Tallo-Parra, O., Carbajal, A., Monclús, L., Manteca, X., Lopez-Bejar, M., 2018. Hair cortisol and progesterone detection in dairy cattle: interrelation with physiological status and milk production. *Domestic Animal Endocrinology* 64, 1-8.
- Trillmich, F., Hudson, R., 2011. The Emergence of Personality in Animals: The Need for a Developmental Approach. *Developmental Psychobiology* 53, 505-509.
- Uetake, K., Akiyama, K., Tanaka, T., 2014. Relationship between stress levels of the antepartum cow and her newborn calf. *Animal Science Journal*, 81.
- Ungerfeld, R., Hotzel, M.J., Scarsi, A., Quintans, G., 2011. Behavioral and physiological changes in early-weaned multiparous and primiparous beef cows. *Animal* 5, 1270-1275.
- Urton, G., von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2005. Feeding Behavior Identifies Dairy Cows at Risk for Metritis. *Journal of Dairy Science* 88, 2843-2849.

- Val-Laillet, D., Guesdon, V., von Keyserlingk, M.A.G., de Passillé, A.M., Rushen, J., 2009. Allogrooming in cattle: Relationships between social preferences, feeding displacements and social dominance. *Applied Animal Behaviour Science* 116, 141-149.
- Val-Laillet, D., Passillé, A.M.d., Rushen, J., von Keyserlingk, M.A.G., 2008a. The concept of social dominance and the social distribution of feeding-related displacements between cows. *Applied Animal Behaviour Science* 111, 158-172.
- Val-Laillet, D., Veira, D.M., von Keyserlingk, M.A.G., 2008b. Short Communication: Dominance in Free-Stall-Housed Dairy Cattle Is Dependent upon Resource. *Journal of dairy science*.
- Van Reenen, C.G., O'Connell, N.E., Van der Werf, J.T.N., Korte, S.M., Hopster, H., Jones, R.B., Blokhuis, H.J., 2005. Responses of calves to acute stress: Individual consistency and relations between behavioral and physiological measures. *Physiology & Behavior* 85, 557-570.
- Van Reenen, C.G., Van der Werf, J.T.N., Bruckmaier, R.M., Hopster, H., Engel, B., Noordhuizen, J.P.T.M., Blokhuis, H.J., 2002. Individual Differences in Behavioral and Physiological Responsiveness of Primiparous Dairy Cows to Machine Milking. *Journal of Dairy Science* 85, 2551-2561.
- Visser, E.K., van Reenen, C.G., Hopster, H., Schilder, M.B.H., Knaap, J.H., Barneveld, A., Blokhuis, H.J., 2001. Quantifying aspects of young horses' temperament: consistency of behavioural variables. *Applied Animal Behaviour Science* 74, 241-258.
- Voisinet, B.D., Grandin, T., O'Connor, S.F., Tatum, J.D., Deesing, M.J., 1997. Bos indicus-cross feedlot cattle with excitable temperaments have tougher meat and a higher incidence of borderline dark cutters. *Meat Science* 46, 367-377.
- von Keyserlingk, M.A.G., Olenick, D., Weary, D.M., 2008. Acute Behavioral Effects of Regrouping Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 91, 1011-1016.
- Von Keyserlingk, M.A.G., Rushen, J., De Passille, A.M., Weary, D.M., 2009. Invited review: The welfare of dairy cattle—Key concepts and the role of science. *Journal of dairy science*, 4101.
- von Keyserlingk, M.A.G., Weary, D.M., 2007. Maternal behavior in cattle. *Hormones and Behavior* 52, 106-113.
- Wagner-Storch, A.M., Palmer, R.W., 2003. Feeding Behavior, Milking Behavior, and Milk Yields of Cows Milked in a Parlor Versus an Automatic Milking System. *Journal of Dairy Science* 86, 1494-1502.
- Wagner, W.C., Oxenreider, S.L., 1972. Adrenal Function in the Cow. Diurnal Changes and the Effects of Lactation and Neurohypophyseal Hormones. *Journal of Animal Science* 34, 630-635.
- Waiblinger, S., Menke, C., Coleman, G., 2002. The relationship between attitudes, personal characteristics and behaviour of stockpeople and subsequent behaviour and production of dairy cows. *Applied Animal Behaviour Science* 79, 195-219.
- Walker, S.L., Smith, R.F., Routly, J.E., Jones, D.N., Morris, M.J., Dobson, H., 2008. Lameness, Activity Time-Budgets, and Estrus Expression in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science* 91, 4552-4559.
- Watts, J.M., Stookey, J.M., 2000. Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare. *Applied Animal Behaviour Science* 67, 15-33.
- Wcislo, W.T., 1989. Behavioral Environments and Evolutionary Change *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20, 137-169.
- Weary, D.M., Chua, B., 2000. Effects of early separation on the dairy cow and calf: 1. Separation at 6 h, 1 day and 4 days after birth. *Applied Animal Behaviour Science* 69, 177-188.
- Wechsler, B., 1995. Coping and coping strategies: a behavioural view. *Applied Animal Behaviour Science* 43, 123-134.
- Welch, J.G., Smith, A.M., 1970. Forage Quality and Rumination Time in Cattle<sup>1</sup>, 2. *Journal of Dairy Science* 53, 797-800.

- Whay, H.R., Main, D.C.J., Green, L.E., Webster, A.J.F., 2003. Assessment of the welfare of dairy cattle using animal-based measurements: direct observations and investigation of farm records. *Vet. Rec.* 153, 197-202.
- Winckler, C., Tucker, C.B., Weary, D.M., 2015. Effects of under- and overstocking freestalls on dairy cattle behaviour. *Applied Animal Behaviour Science* 170, 14-19.
- Wolak, M.E., Fairbairn, D.J., Paulsen, Y.R., 2012. Guidelines for estimating repeatability.